ANALISA POTENSI GAS BIOGENIK BERDASARKAN DATA REKAMAN SEISMIK PANTUL DI PERAIRAN SELAT MADURA - JAWA TIMUR

O L E H :

YOGINA EMBONG PASAK

H 221 99 037

PERPUSTAKAAN PUSAT UNIV. HASANUDDIN

Tgl. Terima 7 - 10 - 2004

Dari Fak. MIPA

Banyaknya 1 eks.

Harga Hadiah

No. Inventaris 041007150

No. Klas 23359

PROGRAM STUDI GEOFISIKA JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2004

ANALISA POTENSI GAS BIOGENIK BERDASARKAN DATA REKAMAN SEISMIK PANTUL DI PERAIRAN SELAT MADURA - JAWA TIMUR

O L E H :

YOGINA EMBONG PASAK

H 221 99 037

PERPUSTAKAAN PUSAT UNIV. HASANUDDIN

Tgl. Terima	
Asal Dari	
Banyaknya	
Harga	
No. Inventaris	
No. Klas	

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi tugas dan memenuhi syarat-syarat memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

PROGRAM STUDI GEOFISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2004

ANALISA POTENSI GAS BIOGENIK BERDASARKAN DATA REKAMAN SEISMIK PANTUL DI PERAIRAN SELAT MADURA - JAWA TIMUR

O L E H :

YOGINA EMBONG PASAK

H 221 99 037

Disetujui oleh
Pembimbing Utama

Drs. Hasanuddin MS
NIP. 131 674 703

SARI BACAAN

Telah dilakukan analisis dan interpretasi data gas biogenik dengan menggunakan seismik pantul di Perairan Selat Madura, Jawa Timur. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada 07°00'00" - 07°16'00" LS dan 113°30'00" - 113°58'00" BT dengan luas daerah penelitian 1.480 km^2. Adapun data yang diperoleh yaitu data sekunder. Hasil analisa tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya metode seismik pantul saluran tunggal, dapat secara langsung memberikan indikasi keberadaan gas biogenik di suatu daerah. Indikasi adanya gas biogenik ditunjang oleh 2 faktor penting yaitu banyak mengandung gas metana dan bakteri metanogen pada contoh sedimen yang diperoleh dari hasil pemboran. Penafsiran rekaman seismik secara garis besar menghasilkan penetrasi dua sekuen yaitu Sekuen A dan Sekuen B.

Kata Kunci : Seismik, Gas biogenik, Sedimen, Bakteri metanogen.

ABSTRACT

Analysis and interpretation of biogenic gas data have been done employing seismic reflection method of Madura Strait, East Java. Geographically this location lies on 07°00'00" - 07°16'00" LS and 113°30'00" - 113°58'00" BT with research target area broadly about 1.480 km^2. In addition, data used here is secondary data. According to analysis result it shows that seismic reflection of single channel, directly gave indication of the existance of biogenic gas in one area. This indication was supported by 2 (two) important factors which is the redundancy of methane gas and metanogen bacteria in sediment sample obtained from drilling activity. Generally, interpretation of seismic record yielding two penetration sekuen that is sekuen A and sekuen B.

Key word : Seismic Reflection, Biogenic Gas, Metanogen Bacteria, Sediment.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur yang tiada taranya kepada TUHAN YESUS KRISTUS, sumber ilmu pengetahuan. Yang memberikan kekuatan di saat lemah, menghibur dikala susah, yang memberukan hikmat, memberikan rasa aman, memberi ruang bagi yang terbuangdan menjadi penolong disaat penulis membutuhkan. TUHAN yang mengetahui seluruh hidup dan rahasia, TUHAN seluruh langit dan kerajaan bumi, TUHAN yang memberukan kekuatan, yang keindahanNya tak terbendung oleh batas pemikiran manusia, dan TUHAN YESUS yang adalah Raja di atas segala raja dan Juruselamat manusia. Sungguh Ajaib Engkau TUHAN, Tiada yang seperti Engkau di Bumi seperti di surga. **THANK'S MY LORD JESUS..... YOU ARE MY BEST FRIEND IN MY LIFE.....**

Semoga setiap untaian kata yang tergoreskan menjadi sebuah penggambaran untuk menjadikan kami semakin tahu diri akan kasih sayang dan nikmat yang tak terhitung, mengikis rasa sombong dan kepemilikan atas tubuh, nafas, kesehatan pengetahuan, kekuatan, sarana, dan sebuah keberadaan.

Hasil karya ini merupakan akhir dari sebuah perjalanan panjang untuk memperoleh setetes harapan, dan merupakan awal dari sebuah perjalanan baru di Universitas kehidupan ini. Suka dan duka banyak dialami oleh penulis selama menuntut ilmu di Universitas Hasanuddin dapat berakhir dengan baik, tentunya tak lepas dari dukungan dan bantuan banyak pihak dengan penuh keikhlasan. Maka dengan rasa tulus dan hormat, penulis menghaturkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

- Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNHAS Drs. Muh. Altin Massinai, MT Surv dan seluruh dosen Fisika atas ilmu dan kesabarannya untuk kami selama di UNHAS.
- Bapak Ir. Subaktian Lubis, Msc (Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan) selaku pembimbing selama penulis berada di Bandung, yang sudah memberikan sambutan yang hangat dan telah memberikan berbagai kemudahan dan fasilitas selama penulis mengadakan penelitian.
- Bapak Drs. Hasanuddin MS, selaku pembimbing dalam penyelasaian tugas akhir, yang telah berbaik hati menyediakan waktu dan memberikan masukan yang berarti untuk kesempurnaan tugas akhir ini.
- Ibu Dra. Bidayatul Armynah, selaku penasehat akademik yang banyak membantu dalam membimbing selama perkuliahan.
- Bapak Drs. Lantu, M.Eng.Sc, Bapak Drs. Arsyad Sumah, Bapak Drs. Sakka MS, Bapak Ir. Bambang Harimey M.Sc, selaku tim penguji.
- Pak Resa, Pak Beben, Pak Andi, Pak Agus, Pak Irsan, Ibu Rina (.....maaf nama kurang lengkap dengan title ....) yang sudah membantu penulis selama di Bandung maupun semenjak di Makassar. Walaupun rada-rada memaksa.
- Mbak Yetry, Mbak Gita, Thank a lot for you ..... Sudah mau nemenin Ina bercanda, makan bareng, bahkan nemenin ke Cirebon, nginap bareng di hotel walaupun weekendnya terganggu pisan Eui..... Thank's bange t ya.....
- Buat Orang tuaku, Almarhum Papa (Ogi bangga punya papa sepertimu. Saya akan buat yang terbaik lebih dari yang pernah papa buat selama hidup). Mama (Engkau adalah spirit buatku. Saya akan belajar untuk bisa seperti yang mama inginkan). TERIMA KASIH BUAT SEMUANYA.....

- Kakakku yang tercinta Ika, Embong, Micel, Merry, Chrisma, Sherly, Yunita atas doa dan dukungannya selalu, baik memlalui doa maupun dalam dana.
- Ponakanku yang centil and gagah Winda, Claire, Owein, Andre, Abraham, and Jonathan yang selalu membawa warna tersendiri dalam hidupku... LUCU....
- Teman-temanku angkatan '99. I LOVE U ALL....

Karya ini tersusun dengan usaha maksimal penulis. Meskipun demikian karya ini masih sangat jauh dari kata sempurna. Sebab hasil terbaik tentunya hanya akan tercapai dengan sebuah perjuangan keras. Karena itu penulis sangat mengharapkan masukan dari pembaca berupa tanggapan, kritik dan saran untuk kemajuan karya selanjutnya. Terima kasih.

Penulis,

DAFTAR ISI

Halaman Judul			i
Halaman Pengesahan			ii
Sari Bacaan			iv
Abstrak			v
Kata Pengantar			vi
Daftar Isi			ix
Daftar Simbol			xiv
Daftar Gambar			xv
Daftar Lampiran			xvi
BAB I	PENDAHULUAN		1
	I.1	Latar Belakang	1
	I.2.	Ruang Lingkup	3
	I.3.	Tujuan Penelitian	3
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA		4
	II.1.	Konsep Penjalaran Gelombang	4
	II.2.	Hukum Snellius dan Hukum Huygen's	4
	II.3.	Tipe-tipe Gelombang Seismik	6
		II.3.1. Gelombang Longitudinal	6
		II.3.2. Gelombang Transversal	7
		II.3.3. Gelombang Reyleigh	7
		II.3.4. Gelombang Love	7
	II.4.	Efek Pantulan Ganda	8
	II.5.	Seismik Refleksi Saluran Tunggal	9
	II.6.	Geometri Lintasan Gelombang Seismik Refleksi	9
		II.6.1. Pemantulan Pertama	10
		II.6.2. Pemantulan Kedua	11

	II.7.	Geologi Regional Daerah Penelitian	12
	II.8.	Stratigrafi Daerah Peyelidikan	13
	II.9.	Seismik Stratigrafi	14
		II.9.1. Analisa Lapisan Pengendapan	14
		II.9.2. Kekontinuan Refleksi	15
	II.10.	Konfigurasi Refleksi Gelombang Seismik	16
	II.11.	Gas Biogenik	18
		II.11.1. Definisi Gas Biogenik	18
		II.11.2. Tahap Pembentukan Gas Biogenik	19
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN		20
	III.1.	Lokasi dan Waktu Penelitian	20
	III.2.	Data Seismik Refleksi Saluran Tunggal	20
	III.3.	Pemboran di Laut	21
	III.4.	Prosedur Pengolahan Data	21
		III.4.1. Menentukan Batas Perlapisan	21
		III.4.2. Timing	22
		III.4.3. Perhitungan Kedalaman Laut	22
		III.4.4. Perhitungan Ketebalan Lapisan	22
		III.4.5. Pembuatan Data Hasil Pemboran	22
		III.4.6. Analisa Gas Metanogenik dan Bakteriologi	22
	III.5.	Bagan Alur Penelitian	23
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN		24
	IV.1.	Lintasan Seismik	24
	IV.2	Batimetri	24
	IV.3	Penentuan Batas Perlapisan Sedimen	25
	IV.4	Perhitungan Kedalaman dan Ketebalan Lapisan	27
		IV.4.1. Kedalaman Laut (h_1)	28

		IV.4.2. Ketebalan Lapisan Sedimen (h_2)	28
	IV.5	Pemboran Dilaut	29
	IV.6	Analisa Komposisi Gas dan Bakteriologi	32
	IV.7	Keberadaan Gas Biogenik	34
	IV.8	Korelasi Kandungan Metana dan Bakteri Metanogenik	36
	IV.9	Potensi Gas Biogenik	36
BAB V	PENUTUP		38
	V.1	Kesimpulan	38
	V.2	Saran	39

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR SIMBOL

V	=	Kecepatan
t	=	Waktu tempuh penjalaran gelombang
λ	=	Panjang gelombang
Φ	=	Sudut refleksi
a	=	Jarak
H	=	Kedalaman
h	=	Ketebalan
N	=	Jumlah lapisan
S	=	Sumber Gelombang
A	=	Lapisan Sedimen teratas pada daerah penelitian

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 : Teori Huygen's untuk penjalaran gelombang

Gambar II.2 : Berlakunya Hukum Refleksi dan Refraksi

Gambar II.3 : Macam-macam Pantulan Ganda

Gambar II.4 : Pemantulan Gelombang Oleh Bidang Batas

Gambar II.5 : Konsep Dasar Sekuen Pengendapan

Gambar II.6 : Hubungan Antara Lapisan dan Batas Lapisan

Gambar II.7 : Terminasi Refleksi Seismik

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Lokasi Daerah Penyelidikan

Lampiran 2. Peta Geologi Daerah Penyelidikan

Lampiran 3. Peta Lintasan Daerah Penyelidikan

Lampiran 5a. Interpretasi Rekaman Seismik Pantul Saluran Tunggal CL-12

Lampiran 5b. Interpretasi Rekaman Seismik Pantul Saluran Tunggal L-16

Lampiran 5c. Interpretasi Rekaman Seismik Pantul Saluran Tunggal L-18

Lampiran 6a. Tabel Hasil Perhitungan Kedalaman Laut dan Ketebalan Lapisan

Lampiran 7a. Kolom Stratigrafi Pemboran Inti BH-1

Lampiran 7b. Kolom Stratigrafi Pemboran Inti BH-2

Lampiran 8. Peta Lokasi Pengambilan Contoh Sedimen Pantai dan Dasar Laut

Lampiran 9. Kandungan Gas Metana dalam Sedimen Dasar Laut Perairan Pamekasan-Sumenep, Selat Madura

Lampiran 10a. Hasil Analisis Gas Alami Pemboran BH-1

Lampiran 10b. Hasil Analisis Gas Alami Pemboran BH-2

Lampiran 11. Hasil Plate Count Bakteri Metanogenik Perairan Sumenep, Madura

Lampiran 12a. Korelasi Kandungan Gas Metana pada Pemboran BH-1

Lampiran 12b. Korelasi Kandungan Gas Metana pada Pemboran BH-2

Lampiran 13a. Korelasi Kandungan Gas Metana dan Bakteri Metanogenik BH-1

Lampiran 13b. Korelasi Kandungan Gas Metana dan Bakteri Metanogenik BH-2

Lampiran 14. Peta Kandungan Korelasi Metana dalam Sedimen Permukaan Dasar Laut

BAIKLAH ORANG BIJAK MENDENGAR DAN MENAMBAH ILMU
DAN BAIKLAH ORANG YANG BERPENGERTIAN
MEMPEROLEH BAHAN PERTIMBANGAN

TAKUT AKAN TUHAN ADALAH PERMULAAN PENGETAHUAN,
TETAPI ORANG BODOH MENGHINA
HIKMAT DAN DIDIKAN

(AMSAL 1 : 5,7)

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Metode Geofisika yang paling banyak digunakan dalam eksplorasi di laut adalah metode seismik. Oleh sebab itu pengembangan metode seismik pantul telah memungkinkan untuk mempelajari perlapisan dan struktur geologi dibawah laut dengan akurasi data yang cukup baik. Umumnya, pengoperasiannya relatif sederhana dan ongkos operasinya lebih murah, sehingga sistem ini menarik dan sangat diperlukan dalam penelitian geofisika maupun geologi kelautan.

Secara garis besar, ada tiga tahapan utama dalam metode seismik, dimana setiap tahapan saling berkaitan dan sangat menentukan kualitas data yang diperoleh, yaitu :

1. Pengambilan data
2. Pemrosesan data
3. Interpretasi data

Pada pembuatan skripsi ini, penulis akan membahas mengenai aplikasi metode geofisika dalam mengidentifikasi kemungkinan terdapatnya sedimen bermuatan gas di daerah Perairan Pulau Madura, dengan menggunakan sumber seismik sistem "Uniboom". Dengan adanya perkembangan teknologi, sedimen bermuatan gas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya energi alternatif yang diperkirakan

memiliki potensi cukup berlimpah, dimana keberadaannya tersebar di laut dangkal dekat dengan muara-muara purba terutama di laut Jawa.

Adanya indikasi sebaran gas biogenik (gas yang berasal dari bahan organik) tersebut di atas, maka dapat dilokalisir ke arah mana sebaran gas biogenik tersebut menerus, perlu ditindaklanjuti dengan penelitian seismik disertai pemboran dangkal untuk mengetahui ada tidaknya perlapisan sedimen bermuatan gas. Hasilnya diharapkan dapat memberikan informasi guna pengembangan potensi wilayah pantai, terutama penyediaan energi alternatif untuk kawasan pesisir yang terpencil.

Kendala krisis energi di masa yang akan datang yang melanda Indonesia inilah yang menimbulkan gagasan untuk memanfaatkan potensi sumber daya energi bawah laut. Untuk itu, pelaksanaan penelitian potensi gas biogenik/metan perlu dilaksanakan secara lebih intensif dan dikaji lebih lanjut dalam pemanfaatannya. Salah satu contoh yang sukses dalam pelaksanaan klasifikasi desa-desa di wilayah pesisir adalah di Muara Sungai Yangtze, Cina (Qilun, 1995). Dimana keberadaan gas dangkal pada kedalaman 20-50 meter di bawah dasar laut, telah dieksploitasi dan disalurkan sebagai energi pemanas secara setempat bagi kebutuhan penduduk dan usaha pedesaan. Produksi gas dangkal ini pada satu sumur dapat mencapai 5000 meter kubik perhari, bahkan salah satu sumur dengan tingkat produksinya 3000 meter kubik perhari telah dimanfaatkan selama tiga tahun berturut-turut tanpa habis-habisnya.

I.2. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penyusunan tugas akhir ini meliputi aplikasi kaidah-kaidah Ilmu Fisika terutama Hukum Perambatan Gelombang Seismik terhadap indikasi potensi gas biogenik yang terperangkap dibawah lapisan *lempung holosen.*

Secara keseluruhan, lingkup penyusunan tugas akhir ini diawali dengan kajian pustaka tentang berbagai teori penjalaran gelombang seismik, karakteristik konfigurasi, dan pola perlapisan sedimen pada rekaman seismik, serta interpretasi analog yang dikaitkan dengan pola rekaman sedimen mengandung gas. Untuk melengkapi data seismik serta keberadaan gas di lapangan maka telah dikorelasikan pula dengan data pemboran. Analisa gas kromatograph digunakan untuk mengidentifikasi jenis gas terutama panjang rantai karbon yang biasanya berasosiasi dengan jenis gas biogenik.

I.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian yaitu :

1. Menentukan kedalaman laut dan ketebalan lapisan disekitar daerah yang mengandung jebakan gas.
2. Mengetahui faktor-faktor pembentuk gas biogenik yang diperoleh dari hasil pemboran dan analisan laboratorium gas chromatograph.
3. Mempertegas keberadaan gas biogenik di Perairan Selat Madura, Jawa Timur dengan mengkorelasikan hasil rekaman seismik dengan hasil data pemboran di laut.

**TUHAN MEMBUAT SEGALA SESUATU INDAH PADA WAKTUNYA,
BAHKAN IA MEMBERIKAN KEKEKALAN DALAM HATI MEREKA.**

(PENGKHOTBAH 3 : 11)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

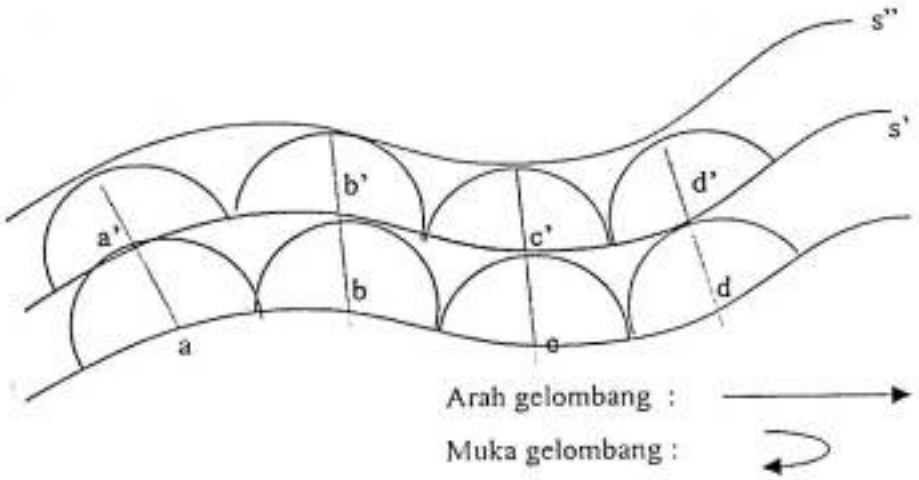
II.1. Konsep Penjalaran Gelombang

Dasar dari penyelidikan seismik adalah teori elastisitas dan teori gelombang. Lapisan-lapisan batuan bersifat elastis, yang berarti dapat mentransmisi dan merefleksikan gelombang mekanis, dan dalam hal ini dianggap bahwa setiap lapisan bersifat homogen isotropis. Gelombang yang menjalar pada medium bumi disebut gelombang seismik.

Pulsa seismik merambat melewati batuan dalam bentuk gelombang elastis yang mentransfer energi menjadi pergerakan partikel batuan. Dimensi dari gelombang elastik atau gelombang seismik jauh lebih besar dibandingkan dimensi pergerakan partikel batuan tersebut.

II.2. Hukum Snellius dan Prinsip Huygen's

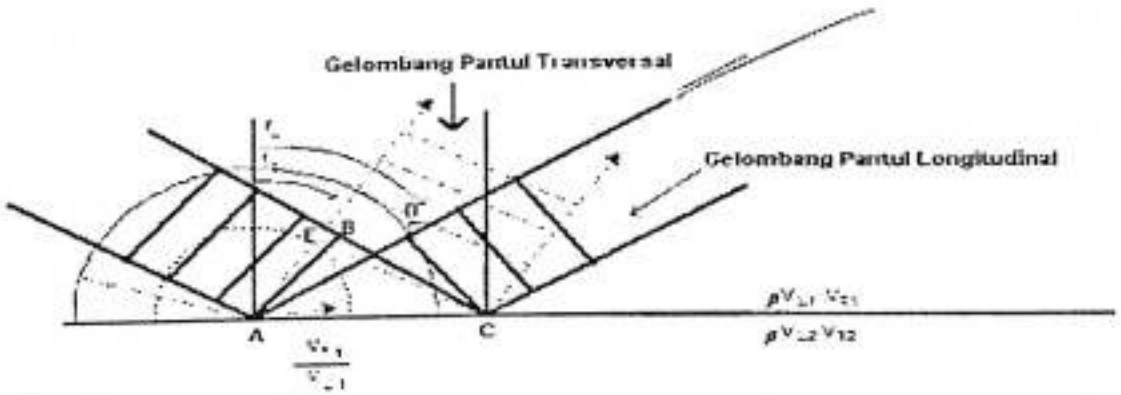
Prinsip Huygen's menyatakan bahwa setiap titik pada muka gelombang adalah merupakan sumber gelombang baru yang menyebar menjauhi titik sumber. Gelombang-gelombang yang dipancarkan disebut gelombang sekunder yang akan mencapai lapisan. Proses ini akan terus berulang menyebabkan terjadinya penjalaran gelombang dalam medium.



Gambar II.1. Teori Huygen's untuk penjalaran gelombang (Dobrin, et al., 1998)

Muka gelombang yang melewati bidang batas antara dua medium dengan kecepatan seismik berbeda, sebagian energinya akan direfleksikan ke medium semula dan bagian energi lainnya akan direfleksikan ke medium berikutnya.

Pada permukaan ini menjadi sumber–sumber baru titik baru, gelombang–gelombang yang dipancarkan oleh titik–titik ini disebut gelombang sekunder (Gambar II.2), yang kemudian akan mencapai lapisan. Proses ini akan terus berulang yang menyebabkan terjadinya penjalaran gelombang dalam medium.



Gambar II.2 Gelombang Longitudinal dan Transversal yang direfleksikan

Keterangan :

i : sudut datang

r_T : sudut pantul gelombang transversal

r_L : sudut pantul gelombang longitudinal

V_{L1} : kecepatan gelombang longitudinal pada medium 1

V_{L2} : kecepatan gelombang longitudinal pada medium 2

V_{T1} : kecepatan gelombang transversal pada medium 1

V_{I2} : kecepatan gelombang transversal pada medium 2

Pada muka gelombang datang AB, dan misalkan jarak anatar CB adalah satu panjang gelombang (λ_1), jelas bahwa pada waktu gelombang sampai di titik C, gelombang sudah sampai di titik A satu periode lebih dulu. Hal ini berarti bahwa pada waktu gelombang sampai di titik C, titik A sudah memancarkan dua gelombang, satu gelombang kembali kemedium satu dan satu gelombang lagi ke medium dua, jika dipandang gelombang pantul lebih dulu. Dapat dilihat dalam waktu satu periode T titik A sudah membentuk gelombang lingkaran dengan jari-jaru R_1, dimana $R_1 = V_1 T = \lambda_1$. Pada saat gelombang melalui titik A sampai di titik D, gelombang yang melalui titik B sampai di titik C, dan gelombang transversal sampai di titik E

II.3. Tipe – Tipe Gelombang Seismik

II.3.1. Gelombang Longitudinal

Gelombang Longitudinal adalah gelombang yang arah penjalarannya searah dengan arah gerakan-gerakan partikel dari medium. Gelombang ini dapat merambat pada

semua media dengan kecepatan rambat paling besar dibandingkan dengan gelombang lain.

II.3.2. Gelombang Transversal

Gelombang Transversal adalah gelombang yang arah penjalarannya tegak lurus arah gerakan-gerakan partikel dari medium. Arah gerakan-gerakan partikel pada gelombang tranversal bisa horizontal maupun vertical. Gelombang ini hanya dapat merambat pada media padat dengan kecepatan rambat kecil.

II.3.3. Gelombang Reyleigh

Gelombang Rayleigh merupakan gelombang yang mempunyai sifat menjalar disepanjang benda padat elastis, dan gerakan partikel pada bidang vertical, elipstis dan mundur terhadap arah penjalaran gelombang. Kecepatan gelombang Rayleigh lebih lambat daripada gelombang P dan S.

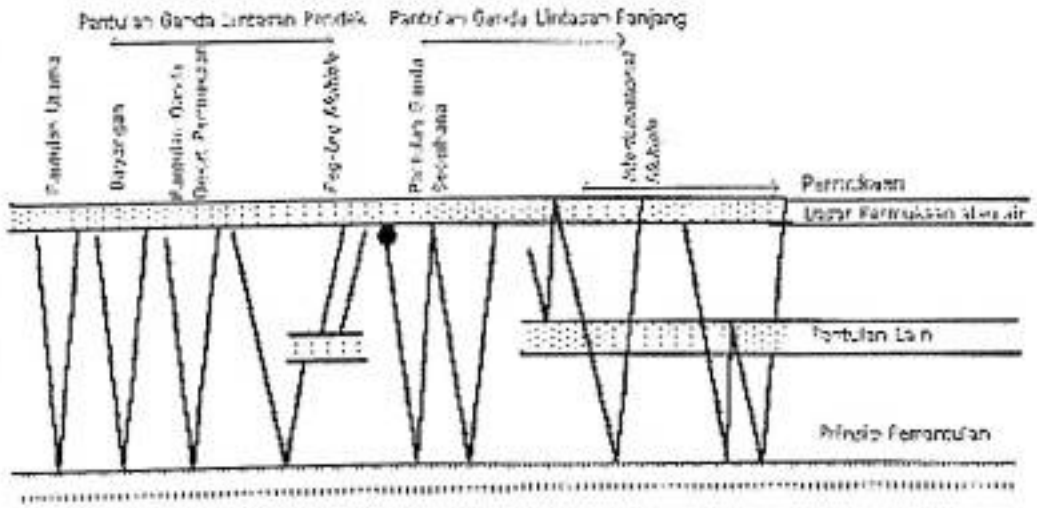
II.3.4. Gelombang Love

Gelombang Love merupakan gelombang permukaan yang terjadi jika suatu lapisan yang mempunyai kecepatan rambat lebih rendah menutupi lapisan yang mempunyai kecepatan rambat gelombang lebih besar. Gelombang Love juga merupakan perambatan gelombang transversal.

II.4. Efek Pantulan Ganda

Pentulan berganda terjadi pada suatu lapisan atau berupa lapisan yang dibatasi oleh bidang refleksi yang mampu untuk memantulkan gelombang berulang kali dengan baik. Proses refleksi dapat terjadi beberapa kali pada lapisan-lapisan yang sama selama energi gelombang seismik tersebut masih cukup kuat.

Pantulan ganda dapat dapat dibagi dalam dua kategori umum yaitu lintasan panjang dan lintasan pendek. Pantulan ganda lintasan panjang mempunyai lintasan penjalaran lebih panjang daripada refleksi primer untuk bidang akibatnya akan muncul sebagai refleksi yang terpisah. Pantulan ganda lintasan pendek tiba segera setelah refleksi primer tersebut sehingga merubah bentuk gelombang tapi tidak harus muncul sebagai refleksi yang terpisah.



Gambar II.3 Macam-macam Pantulan Ganda

II.5. Seismik Refleksi Saluran Tunggal

Seismik Refleksi Saluran Tunggal biasanya digunakan untuk penelitian geologi bawah permukaan dangkal. Seismik saluran tunggal adalah salah satu metode seismik yang hanya menggunakan sistim satu sumber energi dan satu sistem penerima, sehingga gelombang seismik yang direkam pada alat perekam merupakan hasil refleksi murni dari bidang-bidang reflektor. Kelemahan sistem saluran tunggal ini kurang akurat menganalisis kecepatan (cepat rambat) gelombang seismik pada medium yang dilaluinya sebab data yang diperoleh berupa data penampang seismik analog seluruh lintasan.

II.6. Geometri Lintasan Sinar Seismik Refleksi

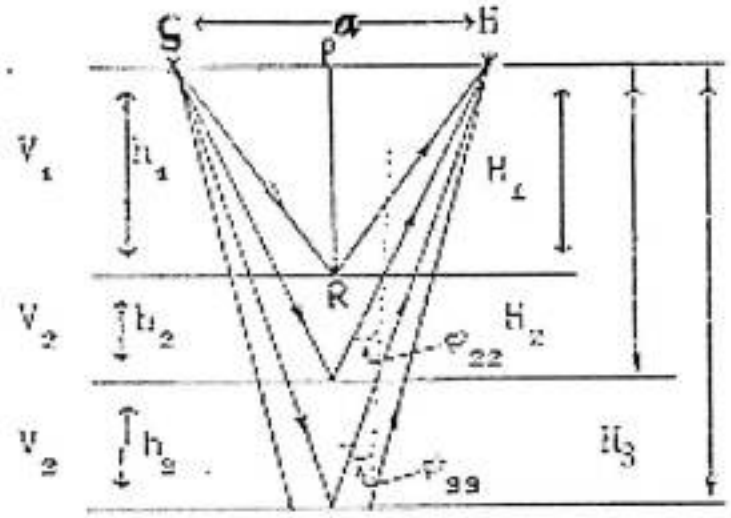
Gelombang seismik menjalar di dalam permukaan bumi berdasarkan waktu rambat gelombang akustik, setelah mengalami pemantulan oleh bidang refleksi akibat perbedaan sinyal kekenyalan, rapat massa, dan kekompakan batuan. Data kedalaman dapat diperoleh dari data waktu rambat. Pendekatan yang dilakukan adalah dengan mengasumsikan setiap lapisan mempunyai kecepatan yang tetap.

Misalkan :

Jarak sumber ke hidrofon = a

Waktu rambat setelah mengalami pemantulan oleh lapisan ke n = t_n

Ketebalan lapisan ke n = h_n



Gambar II.4 Pemantulan Gelombang oleh bidang batas

II.6.1 Pemantulan Pertama

Dari setiga PRH (gambar II.4), menurut hukum Phytagoras :

$$(PR)^2 = (RH)^2 - (PH)^2 \qquad \text{(II.2)}$$

maka :

$$h_1 = \left\{ \left(t_{11}\, v_1\right)^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2 \right\}^{1/2} \qquad \text{(II.3)}$$

$$h_1 = \left\{ \left(\frac{t_1 v_1}{2}\right)^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2 \right\}^{1/2} \qquad \text{(II.4)}$$

Dimana : $t_{11} = t_{1/2}$ (waktu rambat satu arah)

$t_1 = t_a$ (waktu gelombang akustik diair)

v_1 = penjalaran gelombang lapisan pertama

a = jarak sumber ke hidrofon

h_1 = ketebalan lapisan pertama

H = Kedalaman air laut

Akibat perbedaan cepat rambat pada batas lapisan kedua berlaku hukum pembiasan

Snellius : $\sin \varphi_{22} = \frac{v_2}{v_1} \sin \varphi_{21}$ (II.5)

Jika $ph = \frac{1}{2}a = v_1 t_{21} \sin \varphi_{21} + v_2 t_{21} \sin \varphi_{22}$ (II.6)

dengan $v_1 t_{21} \sin \varphi_{21} = h_1 \tan \varphi_{22}$

Diasumsikan bahwa sudut $\varphi_{21} <<$, maka $\sin \varphi_{21} \cong \tan \varphi_{21}$

II.6.2 Pemantulan Kedua

$$h_1 \tan \varphi_{21} + v_2 t_{22} \sin \varphi_{22} = \frac{1}{2}a \quad \text{(II.7)}$$

Persamaan (II.5) disubtitusikan ke persamaan (II.7) menghasilkan :

$$\sin \phi_{21} = \frac{a}{2\left(h_1 + \frac{(v_2)^2}{v_1} t_{22} \right)} \quad \text{(II.8)}$$

sedangkan : $t_{22} = \frac{t_2}{2} - \frac{h_1}{v_1 \cos \phi_{21}}$

untuk menghindari ketidaklurusan mengingat sudut φ_{21} maka $\cos \varphi_{21} \cong 1$

sehingga : $t_{22} = \frac{t_2}{2} - \frac{h_1}{v_1}$, dengan demikian :

$$\sin \phi_{21} = \frac{a}{2\left\{ h_1 + \frac{(v_2)^2}{v_1} \left(\frac{t_2}{2} - \frac{h_1}{v_1} \right) \right\}} \quad \text{(II.9)}$$

Dari setiga PRH (gambar II.4), menurut hukum Phytagoras :

$$(PQ)^2 = (QH)^2 - (PH)^2$$

sehingga :

$$(h_2)^2 = \left\{ v\left(\frac{t_2}{2} - \frac{h_1}{v_1}\right)\right\}^2 - \left\{ v\left(\frac{t_2}{2} - \frac{h_1}{v_1}\right)\sin\varphi_{22}\right\}^2 \qquad \text{(II.10)}$$

Persamaan (II.5) dan (II..9) disubtitusikan ke persamaan (II.10) menghasilkan :

$$(h_2)^2 = \left\{ v\left(\frac{t_2}{2} - \frac{h_1}{v_1}\right)\right\}^2 - \left\{ v\left(\frac{t_2}{2} - \frac{h_1}{v_1}\right)\left(\frac{v_2}{v_1}\right)\left(\frac{a}{2\left[h_1 + \frac{(v_2)^2}{v_1}\right]\left(\frac{t_2}{2} - \frac{h_1}{v_1}\right)} \right)\right\}^2$$

sehingga :

$$h_2 = v_2\left(\frac{t_2}{2} - \frac{h_1}{v_1}\right)\left\{ 1 - \frac{v_2^2}{v_1^2}\frac{a^2}{4\left[h_1 + \frac{v_2^2}{v_1}\left(\frac{t}{2} - \frac{h_1}{v_1}\right)\right]^2}\right\}^{1/2} \qquad \text{(II.11)}$$

II.7. Geologi Regional Daerah Penelitian

Secara fisiografi daerah penyelidikan termasuk dalam wilayah Lajur Rembang. Lajur ini merupakan punggungan yang terlipat dan membentuk antiklinorium yang memanjang pada arah barat-timur, mulai dari Purwodadi (Jawa Tengah) dan berakhir di daerah yang dipetakan. Daerah ini pada umumnya termasuk pebukitan landai hingga pegunungan berlereng terjal, ketinggiannya 0 – 440 m di atas permukaan laut. Daerah ini dibentuk oleh endapan sungai, pantai, rawa, dan batu gamping koral.

Dataran rendah ini umumnya dijadikan persawahan, perkebunan, dan pembuatan garam. Daerah kars berjulang antara 120-440 m di atas permukaan laut. Dicirikan oleh pebukitan kasar, terjal, sungai, dalam tanah, gua-gua.

Sungai-sungai utama tersebut pada umumnya sudah berkelok-kelok bahkan ada yang menyiku. Anak-anak sungainya mengalir dengan pola mendaun dan sebagian kecil berpola hampir sejajar.

II.8. Stratigrafi Daerah Penyelidikan

Lembar Waru-Sumenep, terdiri dari satuan batuan Sedimen Tersier dan Kuartier yang termasuk ke dalam Lajur Rembang. Penyebaran satuan batuan umumnya berarah barat-timur dan berfasies lempungan, pasiran, dan gampingan.

- Formasi Tawun (Tmt), batuan tertua yang terdiri dari batulempung, napal, dan batugamping orbitoid, berumur Miosen Awal-Miosen Tengah. Formasi Ngrayong (Tmtn) menindih selaras Formasi Tawun, dan terdiri dari batupasir kuarsa berselingan dengan batugamping orbitoid dan batulempung , berumur Miosen Tengah.
- Formasi Ngrayong tertindih selaras oleh Formasi Bulu (Tmb) yang terdiri dari batu gamping pelat dengan sisipan napal pasiran, berumur Miosen Tengah bagian atas.
- Formasi Pasean (Tmp) yang menindih selaras Formasi Bulu terdiri dari perselingan napal pasiran dan batugamping lempungan, berumur Miosen

Akhir. Formasi Pasean tertindih tak selaras dan setempat selaras oleh Formasi Madura.

- Formasi Madura (Tpm) yang terdiri dari batu gamping terumbu dan batugamping dolomitan, berumur Pliosen. Formasi Madura tertindih tak selaras oleh Formasi Pamekasan.
- Formasi Pamekasan (Qpp) yang terdiri dari konglomerat, batupasir, dan lempung, berumur Pleistosen. Endapan paling mudah adalah Aluvium, berumur Holosen.

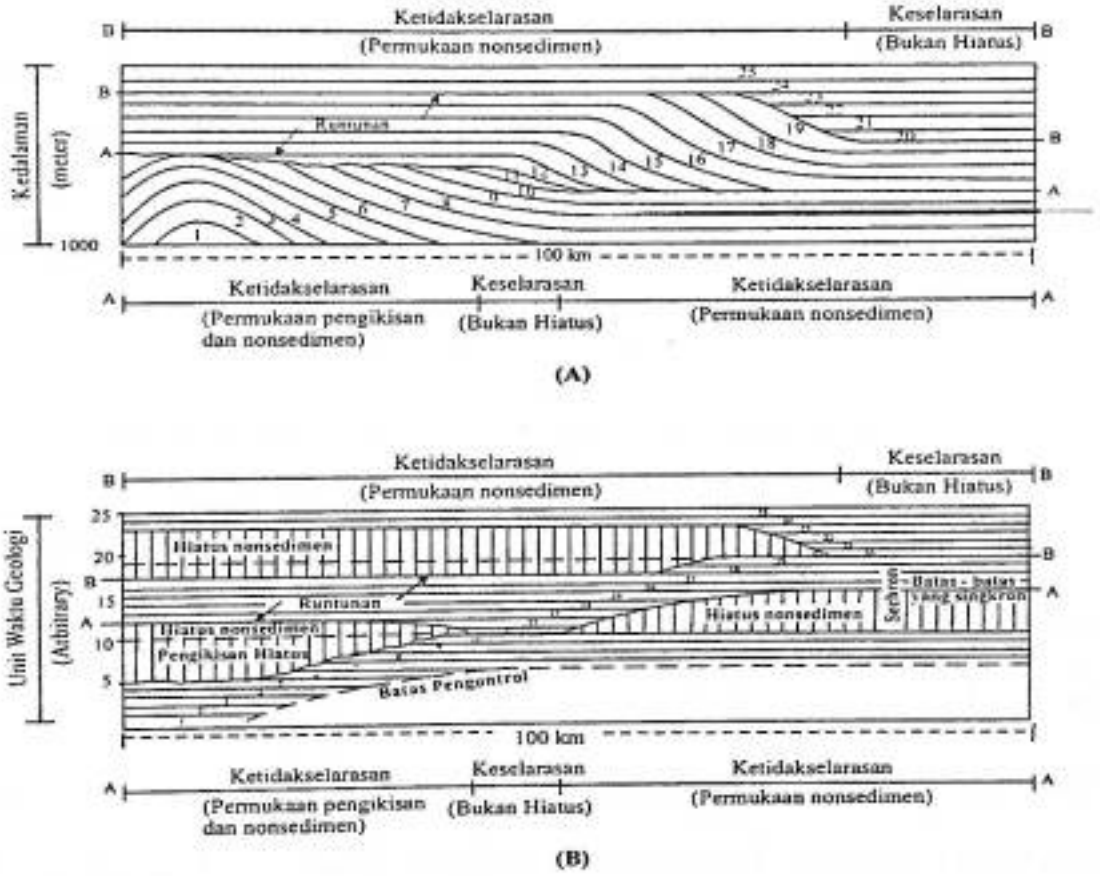
II.9. Seismik Stratigrafi

Seismik stratigrafi pada dasarnya adalah penafsiran stratigrafi dari data seiamik yang merupakan suatu bagian yang tidak dapat dipisahkan dari suatu pekerjaan interpretasi seismik refleksi. Karakter unik dari rekaman seismik stratigrafi memungkinkan dilakukannya penerapan langsung konsep geologi berdasarkan kenampakan fisik stratigrafi dari rekaman tersebut. Refleksi gelombang seismik terjadi pada permukaan batuan yang umumnya berupa permukaan lapisan dan bidang ketidakselarasan.

II.9.1. Analisis Lapisan Pengendapan

Lapisan pengendapan adalah sebuah satuan stratigrafi yang terdiri atas urutan yang relatif selaras dari lapisan batuan yang secara genetik berhubungan dan dibatasi dibagian atas dan bawah oleh bidang ketidakselarasan atau korelasi bidang selarasnya. Sebuah lapisan pengendapan mempunyai arti kronostratigrafi yang

penting karena ia diendapkan selama interval waktu geologi tertentu yang dibatasi oleh umur dari batas lapisan tersebut. Menentukan dan menghubungkan sebuah lapisan pengendapan secara tepat, batas-batas lapisan harus dikenali dan ditandai terlebih dahulu.



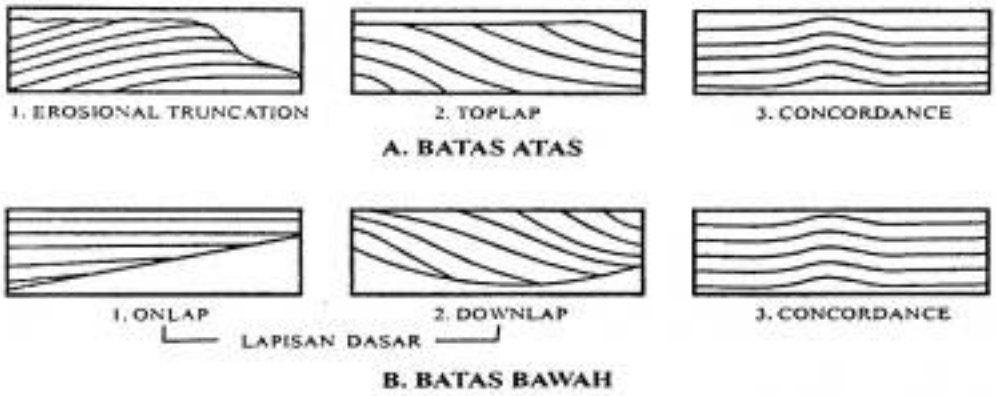
Gambar II.5 Konsep dasar sekuen pengendapan

II.9.2. Kekontinuan Refleksi

Refleksi kontinu bergantung pada kekontinuan kontras kecepatan – densitas sepanjang dasar laut atau adanya ketidakselarasan yang dapat menggambarkan

lingkungan dan proses pengendapan. Pola refleksi yang mengidentifikasikan terminasi refleksi dan stratigrafi yang saling berhubungan terdiri dari :

- Batas paling atas terdiri dari toplap, top concordance, erotional truncation
- Batas paling bawah terdiri dari onlap, downlap, base concordance



Gambar II.6 Hubungan antara lapisan dan batas lapisan

II.10. Konfigurasi Refleksi Gelombang Seismik

Rekaman seismik yang diperoleh dapat dianggap merepresentasikan bentuk lapisan dibawah permukaan bumi, sehingga konfigurasi refleksi yang dikemukakan oleh Sangree dan Widmier akan menunjukkan pola-pola tertentu. Pola-pola ini secara langsung memberi informasi geologi bawah permukaan, jenis batuan dan informasi struktural lainnya. Korelasi jenis batuan dan indikasi lainnya dikorelasikan berdasarkan pada bentuk karakter seismik tertentu yang merupakan respon batuan terhadap sinyal seismik yang dijalarkan. Konfigurasi refleksi gelombang seismik dalam tafsiran geologinya akan menunjukkan lapisan-lapisan batuan, bentuk geometrinya dan hubungan antara :

1. Bebas Refleksi

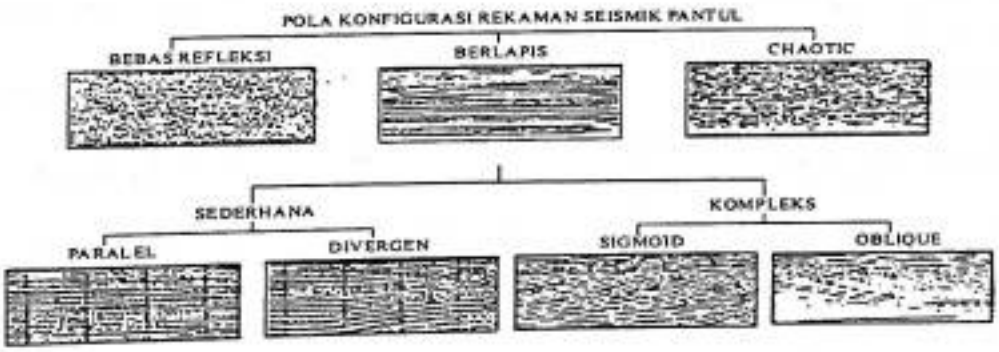
   Konfigurasi bebas refleksi, mengindikasikan jenis litologi jamak yang mengalami homogenisasi yang intensif setelah pengendapan. Konfigurasi demikian biasanya berupa tubuh batuan beku yang besar dan pasif, saltdome, tubuh batuan pasir yang homogen. Ciri-ciri dalam rekaman seismik, berupa amplitudo nol, kontinuitas nol, dan menunjukkan material yang tidak berlapis.

2. Chaotic

   Ciri konfigurasi chaotic adalah banyaknya diskontinuitas refleksi sehingga menghasilkan rekaman seismik yang berbintik-bintik (speckled) dan kacau (motled). Konfigurasi refleksi ini menunjukkan sedimen berbutir kasar, biasanya pada pengendapan berenergi relatif tinggi dan laju pengendapan bervariasi.

3. Berlapis-lapis

   Pola konfigurasi ini merupakan variasi dari amplitudo yang lemah atau relatif tidak ada, kontinuitas cukup baik dan terjadi pada lingkungan pengendapan yang keadaannya cukup tenang.



Gambar II.7 Terminasi refleksi seismik

NDIDIKAN NASIONAL
AS HASANUDDIN

II.11. Gas Biogenik

Studi khusus yang dilakukan dalam penyelidikan ini adalah studi gas biogenik. Gas biogenik sendiri didefinisikan sebagai gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik. Dalam metabolismenya, bakteri ini mengeluarkan gas metana yang kemudian terakumulasi dalam sedimen di sekitarnya. Oleh karena itu, ciri dari gas biogenik adalah dibentuk dan terakumulasi dalam lapisan yang sama. Mengingat mekanisme pembentukannya sederhana, penyebarannya yang luas, terdapat dalam jumlah yang banyak dan keberadaannya relatif dangkal, maka eksplorasi gas biogenik merupakan target masa depan yang menjanjikan. (Gary et al, 1974).

II.11.1. Definisi Gas Biogenik

Glossary of Geology (Gary et al., 1974) mendefinisikan gas biogenik sebagai gas yang dihasilkan oleh bakteri. Definisi ini bersifat genetis dan sangat umum, sehingga gas biogenik yang berasal dari kotoran hewan (atau dikenal juga dengan gas biomassa) juga termasuk di dalamnya. Di lain pihak, dunia perminyakan mendefinisikan gas biogenik sebagai metana yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik (www.oiltracer.com). Definisi ini langsung menyebut metana karena gas ini memang merupakan gas utama yang terbentuk oleh aktivitas organik pada suhu rendah. Implikasi dari definisi ini adalah hadirnya metana dalam suatu kolom sedimen tidak selalu berasosiasi dengan hadirnya petroleum dalam kolom sedimen yang sama.

Oleh karena itu, penemuan metana dalam pemboran selalu diikuti dengan pertanyaan asal dari metana tersebut. Jika metana tersebut merupakan gas biogenik maka Sementara itu, jika metana tersebut merupakan gas termogenik, maka dapat dipastikan bahwa di bagian bawahnya terdapat jebakan minyak dan gas. Istilah metana biogenik ini dapat meliputi metana biogenik yang terbentuk sekarang, maupun yang terbentuk di waktu lampau.

II.11.2. Tahap Pembentukan Gas Biogenik

Gas biogenik terbentuk pada tahapan awal pembentukan hidrokarbon. Secara umum, pembentukan hidrokarbon terjadi dalam tiga tahap pembentukan yaitu :

1. Tahap Diagenesis. Hasil dari tahap ini adalah gas kering yang sebagaian besar berupa metana yang terbentuk secara biogenik.
2. Tahap Katagenesis. Hasil dari tahap ini adalah hidrokarbon dan minyak bumi.

BERBAHAGIALAH ORANG YANG MENDAPAT HIKMAT,
ORANG YANG MEMPEROLEH KEPANDAIAN ,
KARENA KEUNTUNGANNYA MELEBIHI KEUNTUNGAN PERAK,
DAN HASILNYA MELEBIHI EMAS.

IA LEBIH BERHARGA DARIPADA PERMATA;
APAPUN YANG KAU INGINKAN,
TIDAK DAPAT MENYAMAINYA.

(AMSAL 3 : 13 – 15)

BAB III

METODOLOGI

III.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Daerah penyelidikan **(Lampiran 1)** terletak di perairan Selat Madura, yang masuk dalam wilayah Kabupaten Pamekasan dan Sumenep, Propinsi Jawa Timur. Luas daerah penyelidikan kurang lebih 1.480 km^2 dengan menggunakan skala peta dasar 1 : 50.000 dan secara geografis terletak pada koordinat 07°00'00" - 07°16'00" LS dan 113°30'00" - 113°58'00" BT. Kegiatan penyelidikan geologi dan geofisika kelautan berlangsung mulai tanggal 29 Juni 2003 – 14 Juli 2003 yang dilakukan oleh Tim Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL).

III.2 Data Seismik Refleksi Saluran Tunggal

Data seismik refleksi saluran tunggal diperoleh dengan sistem peralatan Sparker dengan sumber energi tetap adalah 300 Joule, selang waktu pemacuan 0,25 detik/sapuan dan 0,50 detik/sapuan, frekuensi 250-3000 Hz, dan picu ledakannya 0,50 detik..

Arah lintasan seismik dibuat utara-selatan dengan kontrol lintasan melintang relatif barat-timur, dengan total lintasan seismik pantul dangkal mencapai 419.89 km^2.

Data yang diperoleh berupa rekaman seismik yang menggambarkan profil geologi bawah permukaan laut dalam dimensi waktu dimana mengandung gas biogenik.

- Skala vertikal merupakan dimensi waktu rambat gelombang seismik setelah direfleksikan oleh bidang-bidang batas lapisan (2 kali waktu tempuh).
- Skala horizontal yang merupakan dimensi waktu yang berhubungan dengan data posisi kapal.

III.3. Pemboran Di Laut

Pemboran di laut untuk pencarian gas menggunakan perangkat peralatan mesin bor UD 3 yang dilakukan di dua lokasi terpilih. Titik lokasi bor 1 ditempatkan di Perairan Desa Talang Siring, Kecamatan Larangan , Kabupaten Pamekasan dan lokasi bor 2 di sekitar Muara Sungai Saronggi , Desa Dadap Timur, Kecamatan Saronggi, Kabupaten Sumenep, masing-masing dengan ketinggian bagan terhadap dasar laut 4.1 meter dan 3.4 meter.

Operasi pemboran pada masing-masing pemboran dibatasi hanya menembus kedalaman 60 meter dari permukaan dasar laut dengan peralatan percontohan sedimen inti dari core barrel dengan panjang 1,5 dan 3 meter.

III.4. Prosedur Pengolahan Data

III.4.1. Menentukan Batas Perlapisan

Menentukan batas-batas lapisan pengendapan pada penampang seismik dengan menarik horison seismik berdasarkan batas lapisan yang nampak dan pola-pola refleksi dan kontinuitas refleksinya kemudian menentukan jenis endapan denganbertitik pangkal dari karakter seismik yang mencirikan jenis batuan tertentu.

III.4.2. Timing

Mengukur waktu dari titik 0 pada skala waktu vertikal rekaman seismik ke reflektor yang akan dihitung kedalaman dan ketebalannya sepanjang penampang seismik yang disesuaikan dengan skala waktu pada penampang seismik tersebut.

III.4.3. Perhitungan Kedalaman Laut

Memasukkan nilai waktu penjalaran gelombang yang telah diperoleh, nilai kecepatan yang disesuaikan dengan jenis endapan yang dilalui oleh sinyal seismik dan jarak antara sumber ledakan dengan penerima ke dalam persamaan pemantulan pertama (persamaan II.4) untuk kedalaman reflektor pertama.

III.4.4. Perhitungan Ketebalan Lapisan Teratas

Ketebalan lapisan dihitung dengan menggunakan persamaan II.11.

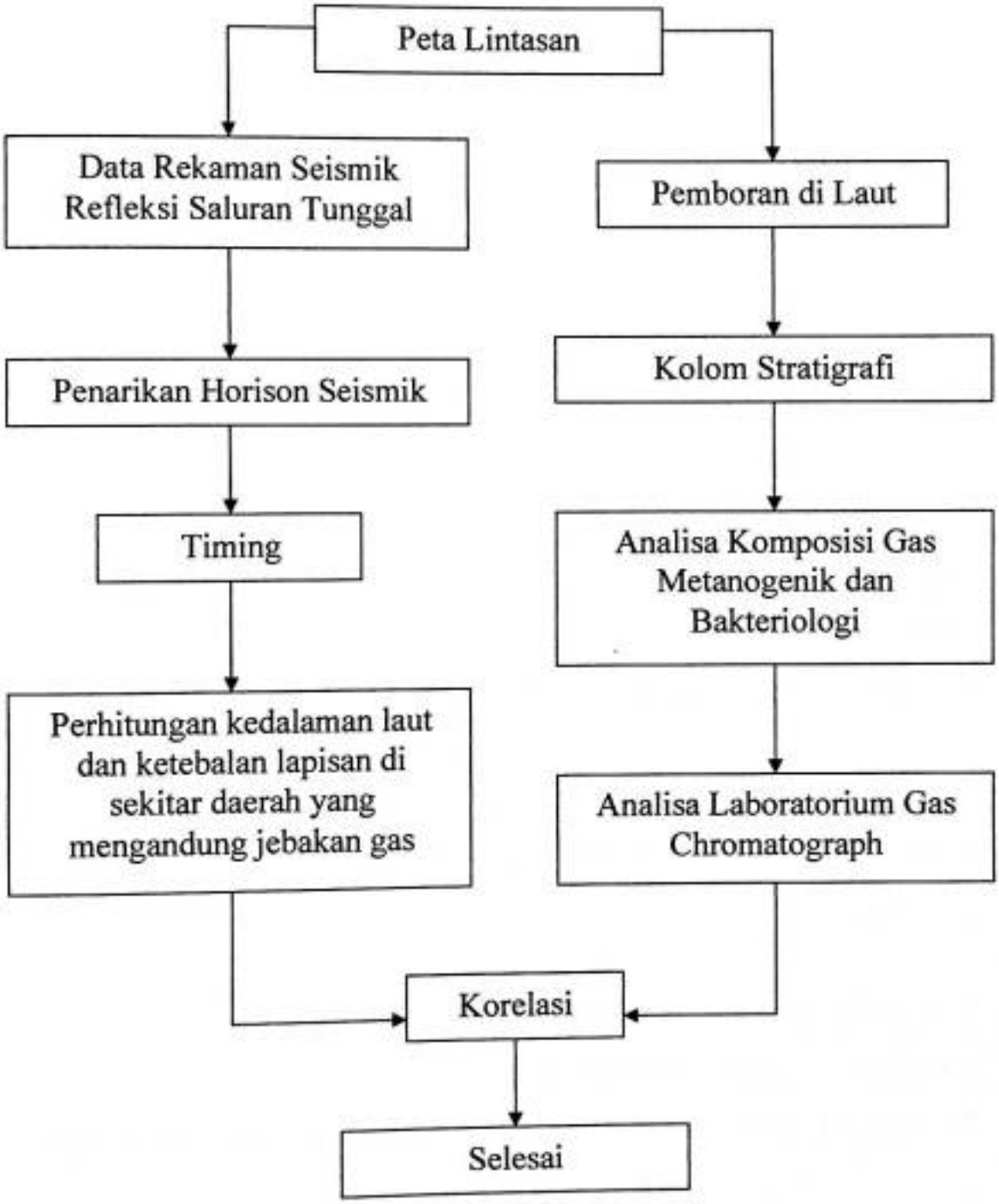
III.4.5. Pembuatan Data Hasil Pemboran

Membuat kolom stratigrafi tentang data hasil pemboran inti pada Lokasi Pemboran 1 (BH-1) dan di Lokasi Pemboran 2 (BH-2).

III.4.6. Analisa Komposisi Gas Metanogenik dan Bakteriologi

Melakukan analisa terhadap contoh hasil pemboran dengan menggunakan peralatan Gas Chromatograph (GC-14B Shimidzu), apakah mengandung gas metana yang merupakan hasil hasil metabolisme bakteri metanogenik.

III.5. Bagan Alur Penelitian



SIAPA YANG BANYAK MEMBERI BERKAT,
DIBERI KELIMPAHAN,
SIAPA MEMBERI MINUM, IA SENDIRI AKAN DIBERI MINUM.

SIAPA MENAHAN GANDUM, IA DIKUTUKI ORANG.
TETAPI BERKAT TURUN DIATAS KEPALA ORANG YANG MENJUAL GANDUM.

SIAPA MENGEJAR KEBAIKAN,
BERUSAHA UNTUK DIKENAN ORANG.
TETAPI SIAPA MENGEJAR KEJAHATAN, AKAN DITIMPA KEJAHATAN

(AMSAL 11 : 25 – 27)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Lintasan Seismik

Rekaman data seismik pantul dangkal yang diperoleh selama penyelidikan sepanjang 419,89 km dengan lintasan berarah utara-selatan sebanyak 22 lintasan. Luas daerah penyelidikan kurang lebih 1.480 km^2. **(Lampiran 3).**

IV.2. Batimetri

Kedalaman laut daerah penyelidikan berkisar antara 0-36 meter. Kedalaman hingga mencapai 36 meter terdapat di sebelah selatan Tanjung Pandelegan.

Pola batimetri daerah penyelidikan memperlihatkan perubahan kedalaman yang tidak begitu besar. Adanya pulau-pulau di sekitar daerah penyelidikan (P. Puteran, P. Gili Raja, P. Gili Genteng, P. Gili Pandan, P. Gili Dua dan sebagainya) mempengaruhi pola kontur daerah penyelidikan. Kedalaman laut umum di antara pulau-pulau tersebut adalah 18 meter, dengan pola kontur mengikuti garis pantai pulau dan berubah membentuk alur berarah utara-selatan pada daerah di antara pulau. Hal ini menunjukkan tingginya aktifitas pergerakan arus di antara pulau.Kontur batimetri dengan kedalaman mencapai 20 meter di jumpai di sekitar perairan antara P. Puteran dan P. Gili Genteng; mencapai 22 meter di antara pantai selatan Madura dengan P. Gili Raja; dan mencapai 30 meter di lepas pantai selatan P. Puteran, serta semakin dalam ke arah selatan Selat Madura.

IV.3. Penentuan Batas Perlapisan Sedimen

Penafsiran rekaman seismik analog secara garis besar menghasilkan penetrasi 2 (dua) sekuen seismik yaitu sekuen A (sedimen Kuarter) dan sekuen B (sedimen Pra-Kuarter), yang dapat dibedakan berdasarkan kontras perubahan sifat-sifat bidang refleksi, disamping sifat-sifat khusus struktur geologi.

Rekaman seismik memperlihatkan adanya patahan regional yang berarah relatif timurlaut-baratdaya (sinistral) dan yang berarah barat laut-tenggara (dextral) tampak memotong sumbu lipatan yang berarah hampir barat-timur dan singkapan punggungan antiklin dan atau diapir dengan arah sumbu relatif barat-timur. Rangkaian punggungan ini diperkirakan merupakan kelanjutan dari rangkaian pulau-pulau kecil di sebelah selatan P. Madura. Sebaliknya di perairan di antara pulau-pulau tersebut mencerminkan pula sumbu sinklin yang juga berarah barat-timur. Pergeseran sumbu lipatan di daerah penyelidikan mencirikan adanya pergeseran rangkaian pulau-pulau tersebut secara sistimatis. Selain patahan mendatar, di daerah penyelidikan juga dijumpai adanya patahan normal berarah relatif barat-timur. Dalam penampang, kedua sekuen seismik tersebut ditunjukkan sebagai sedimen berumur Kuarter, dan interval batuan sedimen berumur pra-Kuarter. Interval sekuen Kuarter sendiri dapat dibedakan atas sub-sekuen A1, A2 dan A3, yang menumpang secara tidak selaras di atas interval sekuen B yang bertindak sebagai alasnya (**Lampiran 5**). Informasi stratigrafi darat dari pulau-pulau kecil di bagian selatan Madura ini digunakan dalam penentuan umur sekuen seismik dengan cara kesebandingan.

➢ **Sekuen A (Sedimen Kuartier)**

Interval sekuen Kuarter (sekuan A) secara garis besar dapat dibedakan menjadi sub-sekuen A1, dan A2, masing-masing dicirikan oleh perulangan reflektor lemah hingga sedang dengan kontinuitas cukup baik. Pada sejumlah tempat, sub-sekuen ini memperlihatkan adanya zona transparan (*hablur zone*). Khusus di sekitar pantai, sub-sekuen A1 memiliki ciri reflektor sangat lemah (hablur) sebagai akibat terjadinya absorbsi energi akustik.

Berdasarkan kesebandingan antara sekuen A dengan stratigrafi darat, memperlihatkan bahwa sub-sekuen A1 sebanding dengan endapan aluvial Resen berupa perselingan lumpur, lempung lunak dan lempung liat dan sub-sekuen A2 sebanding dengan endapan Holosen berupa pasir kuarsa, lempung liat, lanau dan pasir halus. Sedangkan sub-sekuen B sebanding dengan Formasi Pamekasan yang berumur Pleistosen dan terdiri atas konglomerat, batupasir, batulempung dan batugamping.

➢ **Sekuen B (Sedimen Pra-Kuarter)**

Penampang rekaman seismik pantul terpilih dari daerah penyelidikan menunjukan bahwa sekuen sedimen pra-Kuarter (sekuen B) telah mengalami deformasi. Berdasarkan karakter seismik yang memperlihatkan karakter perselingan reflektor semi transparan-kuat dan telah terlipat kuat serta tersesarkan, dan kesebandingan stratigrafi, maka sekuen B diperkirakan merupakan bagian dari Formasi Pamekasan yang terdiri atas konglomerat, batupasir, betulempung dan batugamping (Situmorang, dkk., 1992).

IV.4. Perhitungan Kedalaman dan Ketebalan Lapisan Sedimen

Pengolahan data yang dimaksudkan adalah untuk menghitung kedalaman dan ketebalan dari masing-masing perlapisan. Perhitungan kedalaman dan ketebalan lapisan memerlukan data masukan berupa :

a. Waktu tempuh gelombang refleksi

Waktu tempuh gelombang refleksi yang diperoleh dari pengukuran pada rekaman seismik refleksi saluran tunggal **(Lampiran 6a)**.

b. Kecepatan Gelombang

Pendugaan kedalaman dari horison yang telah diinterpretasi memerlukan data kecepatan. Kecepatan yang digunakan mengacu pada hasil yang dikeluarkan oleh Instansi Geologi Kelautan untuk type sedimen yang sama yang disesuaikan dengan jenis endapan pada perlapisan daerah penelitian. Kecepatan rata-rata yang digunakan adalah :

- Kecepatan gelombang akustik di air adalah 1500 m/s.
- Kecepatan gelombang akustik pada sedimen adalah 1680 m/s.

c. Jarak sumber dengan penerima

Jarak sumber dengan penerima (a) tidak selalu tetap. Hal ini disebabkan adanya gerakan gelombang laut, yang menyebabkan gerakan sparker dan hidrofon menjadi terpengaruh. Nilai a diperoleh dengan koreksi kecepatan gelombang di air dan waktu rambat gelombang akustik di air sehingga a = 2,5 meter.

IV.4.1. Kedalaman Laut (h1)

Kedalaman lapisan pertama dapat dihitung dengan menggunakan Software Microsoft Excel dengan memasukkan persamaan (II.2). Contoh perhitungan untuk waktu perekaman gelombang 09.50.00 pada lintasan cross 12 (CL-12).

$$h_1 = \left\{ \left(\frac{V_1 V_2}{2} \right)^2 - \left(\frac{a}{2} \right)^2 \right\}^{1/2}$$

$$h_1 = \left\{ \left(\frac{1500 \times 0{,}0076}{2} \right)^2 - \left(\frac{2{,}5}{2} \right)^2 \right\}^{1/2}$$

$$h_1 = (32{,}49 - 1{,}5625)^{1/2}$$

$$h_1 = 5{,}561 \text{ meter} \approx 6 \text{ meter}$$

IV.4.2. Ketebalan Lapisan Sedimen (h2)

Ketebalan lapisan kedua dapat dihitung dengan menggunakan Software Microsoft Excel dengan memasukkan persamaan (II.11). Contoh perhitungan untuk waktu perekaman gelombang 09.50.00 pada lintasan cross 12 (CL-12).

$$h_2 = V_2 \left(\frac{t_2}{2} - \frac{h_1}{V_1} \right) \left[1 - \frac{V_2^2}{V_1^2} \frac{a^2}{4\left\{ h_1 + \frac{V_2^2}{V_1} \left(\frac{t_2}{2} - \frac{h_1}{V_1} \right) \right\}^2} \right]^{1/2}$$

$$h_2 = 1680 \left(\frac{0{,}025}{2} - \frac{5{,}592}{1500} \right) \left[1 - \frac{(1680)^2}{(1500)^2} \frac{(2{,}5)^2}{4\left\{ 5{,}592 + \frac{(1680)^2}{1500} \left(\frac{0{,}025}{2} - \frac{5{,}592}{1500} \right) \right\}^2} \right]^{1/2}$$

h_2 = 14,70 meter ≈ 15 meter

Hasil Perhitungan kedalaman laut dan ketebalan lapisan di sekitar daerah yang mengandung gas, dapat dilihat pada **lampiran 6a** untuk lintasan CL-12, L-16, dan L-18.

IV.5. Pemboran Laut

Terdapat 2 (dua) pemboran di laut yang dilaksanakan di daerah penelitian dan dianggap memungkinkan untuk dilakukan penelitian gas biogenik. Pemboran 1 (BH-1) terdapat di perairan Desa Talang Siring, Kecamatan Larangan, Kabupaten Pamekasan, sedangkan pemboran 2 (BH-2) terletak di muara S. Saronggi, Desa Dadap Timur, Kecamatan Saronggi, Kabupaten Sumenep.

- *Pemboran 1 (BH-1)*

  Lokasi BH-1 terletak pada koordinat 113° 36' 12.5" BT - 07° 08' 11.1" LS dengan kedalaman laut 4,1 meter, dan memperoleh inti pemboran sepanjang 60,3 meter. Secara umum berdasarkan kesamaan litologi dengan geologi darat, maka hasil pemboran BH-1 dapat dibedakan atas 2 satuan litologi, yaitu Endapan Alluvium berumur Resen-Kuarter dan satuan litologi dari bagian atas Formasi Pamekasan yang berumur Pliosen **(Lampiran 7a)**.

  Bagian atas Endapan Alluvium (kedalaman 0 - 6 meter dari permukaan dasar laut) merupakan endapan marin (laut dangkal) yang terdiri dari perselingan lumpur, lumpur sedikit pasiran, dan lempung. Bagian ini mengandung fragmen

batugamping dari formasi yang lebih tua (Pamekasan) dan cangkang moluska (gastropoda) berukuran <1,5 cm.

Sedangkan pada bagian bawahnya (mulai 6 hingga 19 meter) merupakan endapan laut tertutup yang tersusun atas perselingan lempung, abu-abu gelap, karbonan dan lanau. Pada bagian bawah, dijumpai lempung berwarna kuning-coklat, dan mengandung fragmen batugamping juga dari formasi yang lebih tua (Pamekasan).

Bagian paling atas Formasi Pamekasan (kedalaman 19 – 24 meter) merupakan endapan marin (laut dangkal), tersusun atas batulempung, batugamping, pasir dan konglomerat. Batulempung berwarna abu-abu kehijauan, liat-keras, mengandung fragmen batugamping. Batugamping kalkarenit (berukuran pasir), kompak, sebagian telah menghablur. Pasir berukuran butir halus-sedang, mengandung kuarsa, karbonan dan sisa tumbuhan, kurang kompak. Sedangkan konglomerat terpilah buruk, mengandung fragmen batugamping foraminifera dan batugamping hablur, dengan masa dasar pasir, serta memiliki ukuran butir halus-kasar, kompak. Ketebalan batugamping 30-50 cm, batupasir 40-210 cm dan konglomerat 50 cm.

Pada bagian tengah Formasi Pamekasan (kedalaman 24 – 40 meter) dijumpai perselingan antara endapan marin (laut dangkal, terbuka) dan endapan laut tertutup. Bagian tengah ini tersusun atas batulempung dan batu lempung karbonan, sisipan batupasir halus. Batulempung berwarna abu-abu kehijauan dan abu-abu gelap hingga hitam (karbonan), keras. Batupasir berukuran butir sangat

halus-halus, kompak. Sedangkan pada bagian bawah (40-60,3 meter) merupakan endapan marin (laut dangkal), dan tersusun atas batulempung

sisipan batupasir dan batulanau. Batulempung berwarna abu-abu kehijauan, mengandung fragmen batugamping foraminifera dan batugamping hablur, serta pecahan cangkang moluska (gastropoda) <3 cm, dan kompak.

- *Pemboran 2 (BH-2)*

Lokasi BH-2 terletak pada koordinat 113° 36' 12.5" BT - 07° 08' 11.1" LS dengan kedalaman laut 3.4 meter, seperti halnya pemboran BH-1, pada pemboran BH-2 juga dapat dibedakan atas 2 (dua) satuan litologi, yaitu Endapan Alluvium berumur Resen-Kuarter dan satuan litologi dari bagian atas Formasi Pamekasan yang berumur Pliosen **(Lampiran 7b)**.

Bagian atas Endapan Alluvium (0 – 13,5 meter dari dasar laut) merupakan endapan marin (laut dangkal) yang terdiri atas perselingan lumpur, lumpur sedikit pasiran, dan lempung serta sisipan pasir dan lanau setebal 20-50 cm. Endapan ini mengandung batugamping dari formasi yang lebih tua (Pamekasan?) serta cangkang moluska (gastropoda dan pelecypoda) <3 cm. Sedangkan pada bagian bawahnya (13,5 – 36,5 meter) merupakan endapan laut tertutup, tersusun atas lempung sisipan lempung sedikit pasiran. Lempung, warna abu-abu gelap, karbonan. Pada bagian tengah terdapat lempung berwarna kuning kecoklatan, liat. Khusus pada kedalaman 14.9-15.6 meter, terdapat nodul kalsit, putih dan dapat diremas. Bagian atas Formasi Pamekasan (kedalaman 36,5 – 46 meter)

merupakan endapan marin (laut dangkal) yang tersusun atas perselingan batulempung, batugamping, pasir dan konglomerat.

Batulempung, abu-abu kehijauan, liat-keras, mengandung fragmen batugamping. Batugamping kalkarenit, berwarna putih, kompak, tebal 1.9 m. Pasir, ukuran butir halus-sedang, mengandung kuarsa, kurang kompak, tebal 0,5 - 1,1 m. Konglomerat terpilah buruk, mengandung fragmen batugamping foraminifera dan batugamping hablur, dengan masa dasar pasir halus-kasar, kompak, memiliki ketebalan 1,2 m. Pada bagian bawahnya (46 – 60,1 meter) dijumpai endapan marin (laut dangkal), tersusun atas perselingan batulempung dan batupasir. Batulempung berwarna abu-abu kehijauan, mengandung fragmen batugamping foraminifera dan batugamping hablur, serta pecahan cangkang moluska 1,5 - 3 cm. Batupasir, sangat halus-halus, kompak, tebal 0,5 - 1 meter.

IV.6. Analisa Komposisi Gas Metanogenik dan Bakteriologi

➢ Analisis Komposisi Gas Metanogenik

Analisis gas alami dilakukan pada seluruh contoh hasil percontohan sedimen dasar laut menggunakan gravity corer sebanyak 104 contoh dan hasil pemboran BH-1 sebanyak 47 contoh, serta pemboran BH-2 sebanyak 31 contoh. **(Lampiran 8)**. Dari hasil analisis gas alami pada sedimen dasar laut terlihat bahwa terdapat 11 contoh tidak mengandung gas metana (C_1), dengan 93 contoh mengandung gas biogenik dengan kisaran 2,8 hingga 61,2 ppm. Terdapat 2 lokasi dengan nilai ppm

cukup tinggi yaitu pada contoh SMP-03-04 mencapai 56 contoh SMP-03-77 mencapai 61,2 ppm.

- Hasil analisis kromatografi gas yang dilakukan pada contoh bor BH-1 memperlihatkan keberadaan gas metana (C_1). Konsentrasi gas metana meningkat hingga mencapai kedalaman 34 meter dan semakin berkurang ke bawah **(Lampiran 10a)**.

- Hasil analisa kromatografi gas terhadap contoh bor BH-2 menunjukkan kandungan metana rata-rata adalah 3 ppm. Secara keseluruhan, sedimen bor BH-2 tidak menunjukkan adanya potensi gas hidrokarbon karena kandungannya yang sangat kecil **(Lampiran 10b)**.

➢ **Analisis Bakteriologi**

Hasil analisa kandungan bakteri metanogen dalam sedimen menunjukkan hampir semua contoh mengandung bakteri metanogen dalam jumlah yang bervariasi. Persentase terkecil dan terbesar ini dijumpai pada contoh sedimen dari pemboran. **(Lampiran 11).**

- Persentase terkecil :

  Pemboran BH-2 pada kedalaman 46,25 - 46,35 meter dengan jumlah bakteri metanogenik 17 (0,01%) dibandingkan jumlah bakteri umum sebanyak 140 x 10^3. Hasil pemboran BH-1, kedalaman 2 - 3 meter, jumlah bakteri metanogenik adalah 1 x 10^3 (1,25%) dibandingkan jumlah bakteri umum

sebanyak 8 x 10^3. Pada sedimen permukaan dasar laut yang mewakili daerah penyelidikan (SMP-03-61), bakteri metanogenik berjumlah 2 x 10^3 (0,31%) dibandingkan bakteri umum sebanyak 650x10^3.

- Persentase terbanyak :

  Pemboran BH-1 pada kedalaman 15,0 – 15,2 meter, jumlah bakteri metanogenik 450 x 10^3 (9%) dibandingkan jumlah bakteri umum sebanyak 5 x 10^6. Pada pemboran BH-2, jumlah bakteri metanogenik terbanyak dijumpai pada kedalaman 32,25 – 32,35 meter, dengan jumlah bakteri metanogenik sebanyak 2,2 x 10^6 (51,16%) dibandingkan dengan jumlah bakteri umum sebanyak 4,3 x 10^6. Dan pada sedimen permukaan dasar laut dijumpai pada lokasi contoh SMP-03-52 sebanyak 140 x 10^3 (28,57%) dibandingkan jumlah bakteri umum sebanyak 490 x 10^3.

IV.7. Keberadaan Gas Biogenik

Hasil analisis kandungan gas pada contoh sedimen dasar laut dengan panjang contoh 1-1,5 meter, menunjukkan lebih dari 90% contoh mengandung gas metana (biogenik) khususnya pada sedimen fraksi halus (lempung). Kandungan metana dalam sedimen tertinggi dijumpai di sekitar teluk Desa Talang mencapai nilai maksimum 61,1 ppm dan di muara S. Seronggi mencapai 56 ppm. Pada contoh tersebut lumpur/lempung berwarna hitam diperkirakan sebagai asal dari gas. Gas lainnya yang dianalisis menunjukkan hanya propana, dan isobutana yang hadir dengan kadar kurang dari 0,2

ppm. Sedangkan hasil analisis kandungan gas pada conto hasil pemboran BH-1 di teluk dekat Desa Talang Siring, juga menunjukkan dominasi metana **(Lampiran 12a)**. Kandungan metana dalam (hidrokarbon berat), menunjukkan kadar maksimum pada kedalaman di bawahnya (37 m). Hal ini menunjukkan bahwa metana yang dijumpai pada kedalaman 34 m kemungkinan merupakan metana biogenik pada tahap diagenisis dalam pembentukan hidrokarbon. Sedangkan gas metana yang dijumpai pada kedalaman lebih dari 34 m diperkirakan berupa gas metana termogenik.

Hasil analisis kromatografi gas pada conto hasil pemboran BH-2 menunjukkan bahwa secara umum kandungan gas dalam sedimen BH-2 lebih kecil dibandingkan dengan BH-1. Plot kandungan metana adalah 8.453 ppm **(Lampiran 12b).** Konsentrasi maksimum berupa propana dijumpai pada kedalaman sekitar 52.85 meter pada batulempung abu-abu kehijauan, liat dan keras dan mengandung fragmen batugamping. Tidak dijumpainya lempung hitam pada BH-2 dan sangat bervariasinya kandungan dan konsentrasi gas dalam sedimen dan batuan BH-2 menunjukkan bahwa potensi sedimen BH-2 untuk menghasilkan hidrokarbon lebih kecil dibandingkan dengan BH-1. Selain itu, korelasi penampang antara BH-1 dan BH-2 menunjukkan bahwa sedimen dan batuan BH-1 lebih tua dibandingkan dengan BH-2 pada kedalaman yang sama. Hal ini disebabkan oleh posisi BH-1 yang berada di puncak antiklin.

IV.8. Korelasi Kandungan Gas Metana dan Bakteri Metanogenik

Perbandingan antara kandungan gas metana dengan jumlah bakteri metanogen untuk bor BH-1 dan BH-2 **(Lampiran 13a dan 13b)** menunjukkan bahwa kandungan bakteri metanogen yang besar tidak selalu diiringi dengan kandungan gas metana yang cukup besar. Hal ini menunjukkan secara tidak langsung bahwa metana yang terkandung dalam sedimen merupakan campuran antara metana biogenik dan termogenik. Selain itu, selang waktu yang cukup besar antara analisis kromatografi gas dengan bakteri metanogen diperkirakan mempengaruhi hasil analisis bakteri metanogen.

IV.9. Potensi Gas Biogenik

Berdasarkan analisis kromatografi gas dan bakteri metanogen terlihat adanya kemungkinan kehadiran gas biogenik pada contoh bor, tetapi dalam jumlah yang relatif sedikit jika dibandingkan dengan kehadiran gas termogenik. Oleh karena itu dapat ditafsirkan bahwa metana yang dijumpai pada kedalaman kurang dari 20 m merupakan metana biogenik, sedangkan metana yang dijumpai pada kedalaman lebih dari 20 m merupakan campuran antara metana biogenik dan termogenik.

Metana dalam jumlah tinggi dijumpai pada contoh sedimen permukaan yang terdiri atas lempung hitam dan berbau. Kemungkinan besar metana yang terdapat dalam sedimen ini adalah metana biogenik hasil aktivitas bakteri metanogen merombak bahan organik dalam sedimen.

TUHAN ITU PENGASIH DAN PENYAYANG,
PANJANG SABAR DAN BESAR KASIH SETIANYA.

TUHAN ITU BAIK KEPADA SEMUA ORANG,DAN PENUH RAHMAT
TERHADAP SEGALA YANG DICIPTAKAN-NYA.

SEGALA YANG KAU JADIKAN ITU AKAN BERSYUKUR KEPADAMU YA
TUHAN,
DAN ORANG-ORANG YANG KAU KASIHI AKAN MEMUJI ENGKAU

(MAZMUR 145 : 8-10)

BAB V

PENUTUP

V.1. Kesimpulan

1) Kedalaman laut dari hasil perhitungan dan pemetaan daerah penelitian yang diwakili oleh lintasan CL-12, L-16, dan L-18 adalah 2 meter – 6 meter. Sedangkan ketebalan lapisan sedimen dari hasil perhitungan dan pemetaan daerah penelitian yang diwakili oleh lintasan CL-12, L-16, dan L-18 adalah 10 meter – 40 meter. Namun pada lintasan ini, pada waktu tertentu tidak dapat dihitung ketebalan lapisan karena di daerah tersebut mengandung jebakan gas.
2) Faktor-faktor pembentuk gas biogenik yang diperoleh dari hasil pemboran dan analisa laboratorium yaitu banyak mengandung konsentrasi gas metana dan bakteri metanogenik. Semakin besar jumlah bakteri metanogenik yang terkandung dalam sedimen tersebut maka semakin besar pula kandungan gas metana yang terkandung di dalamnya.
3) Dari hasil korelasi antara hasil rekaman seismik dengan hasil data pemboran, memperjelas bahwa di daerah Perairan Selat Madura - Jawa Timur terkandung gas biogenik yang besar.

V.2. Saran

Penerapan metode geofisika lainnya seperti "Marine Gravity" (gaya berat kelautan) akan memberikan kontribusi yang lebih teliti dalam menetukan bentuk-bentuk reserfoir gas biogenik karena metode ini dapat digunakan untuk interpretasi geologi yang lebih dalam lagi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bemmelan, R. W. van, 1949, The **Geology of Indonesia Vol. IA, Vol. II,** Nethelands.

2. Dobrin, Milton, B. 1957, **Dispersion in Seismic Surface Waves, Geophysical**, Vol. 16, pp. 63-80.

3. Katili, J. A., Marks, P., 1988, **Geologi**, Jakarta.

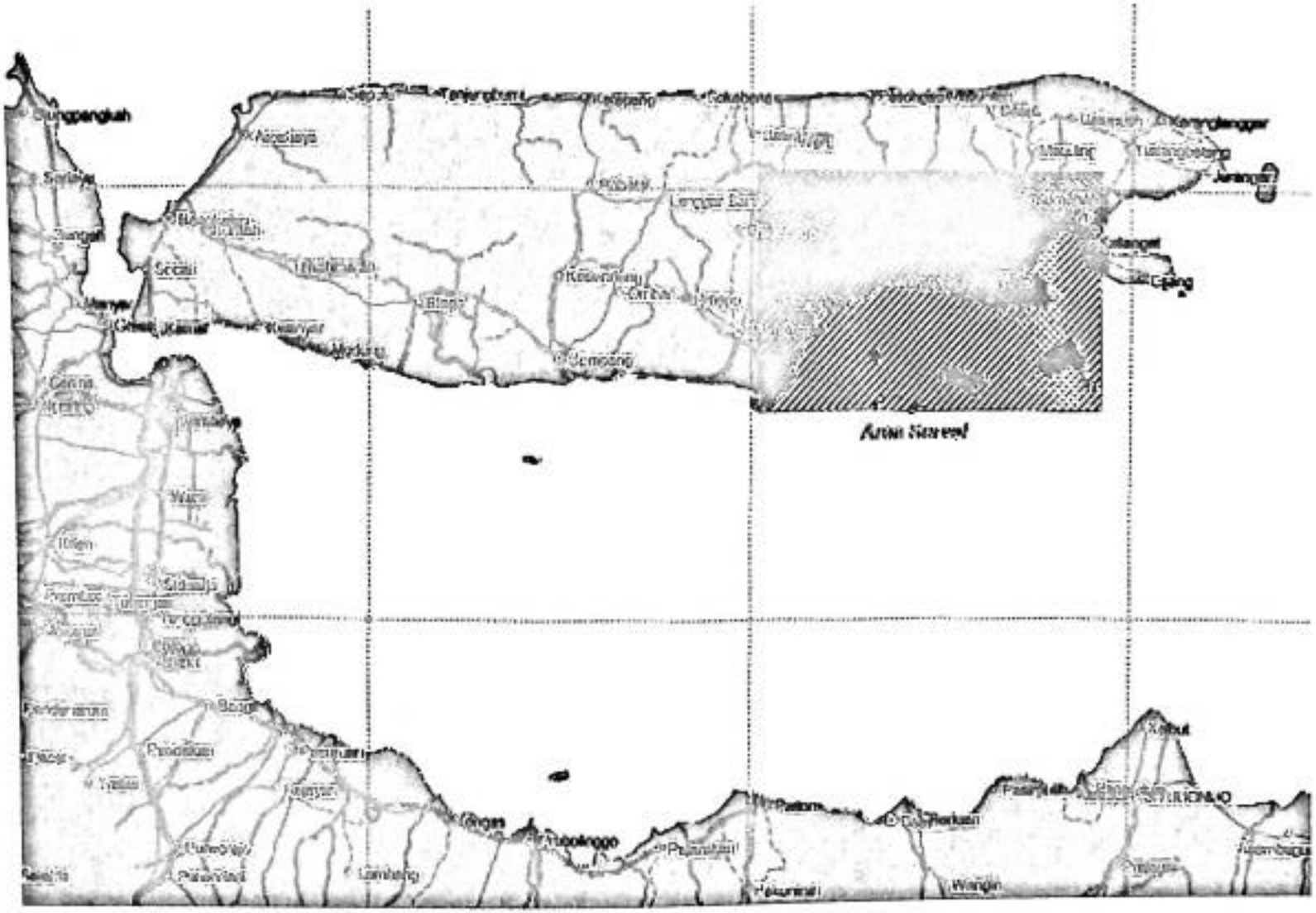
4. Pringgoprawiro, H., 1983, **Biostratigrafi dan Paleografi Cekungan Jawa Timur Utara, Suatu Pendekatan Baru**, ITB.

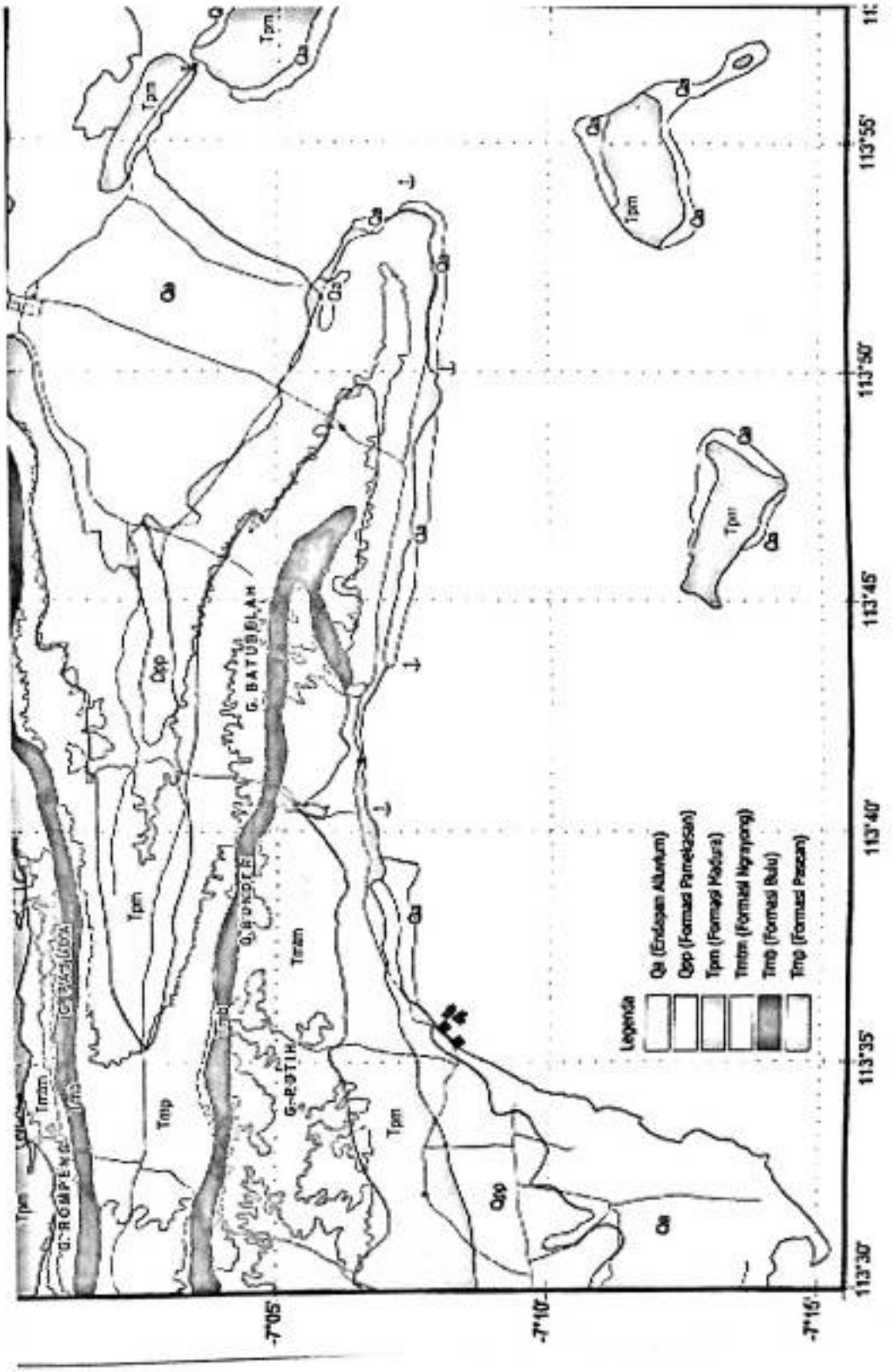
5. Silalahi, I. R., Subaktian Lubis, Dida Kusnida, I. Nyoman Astawa, I Wayan Lugra, Irsan Pasaribu, m,. 2003, **Teori dan Aplikasi Metode Seismik Pantul Dangkal Saluran Tinggi**, PPPGL, Bandung.

6. Situmorang, R. L., Agustianto, D. A., dan Suparman, M., 1993, **Laporan Geologi Lembar Waru – Sumenep**, PPGL, Bandung

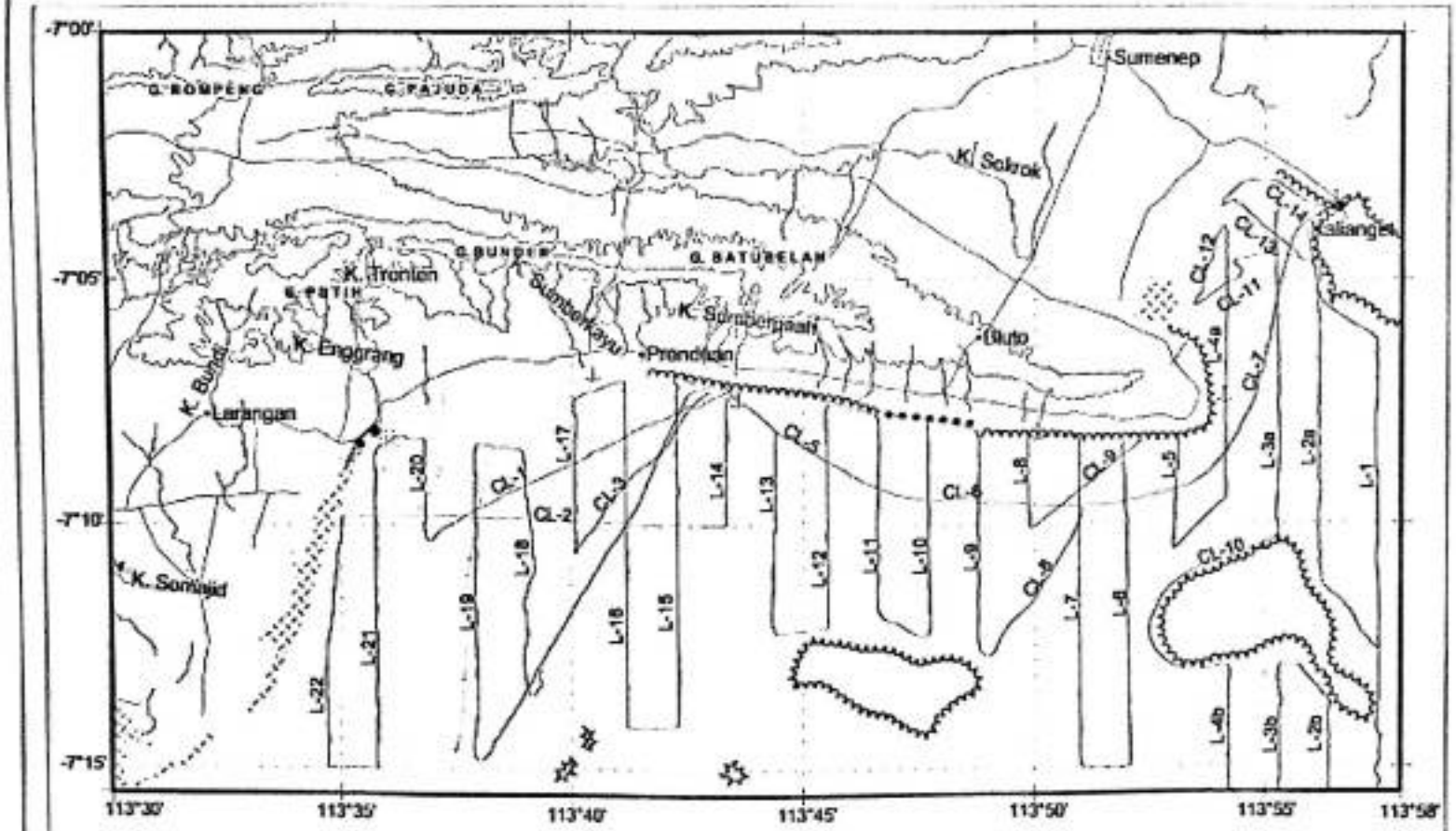
LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Lokasi Penyelidikan

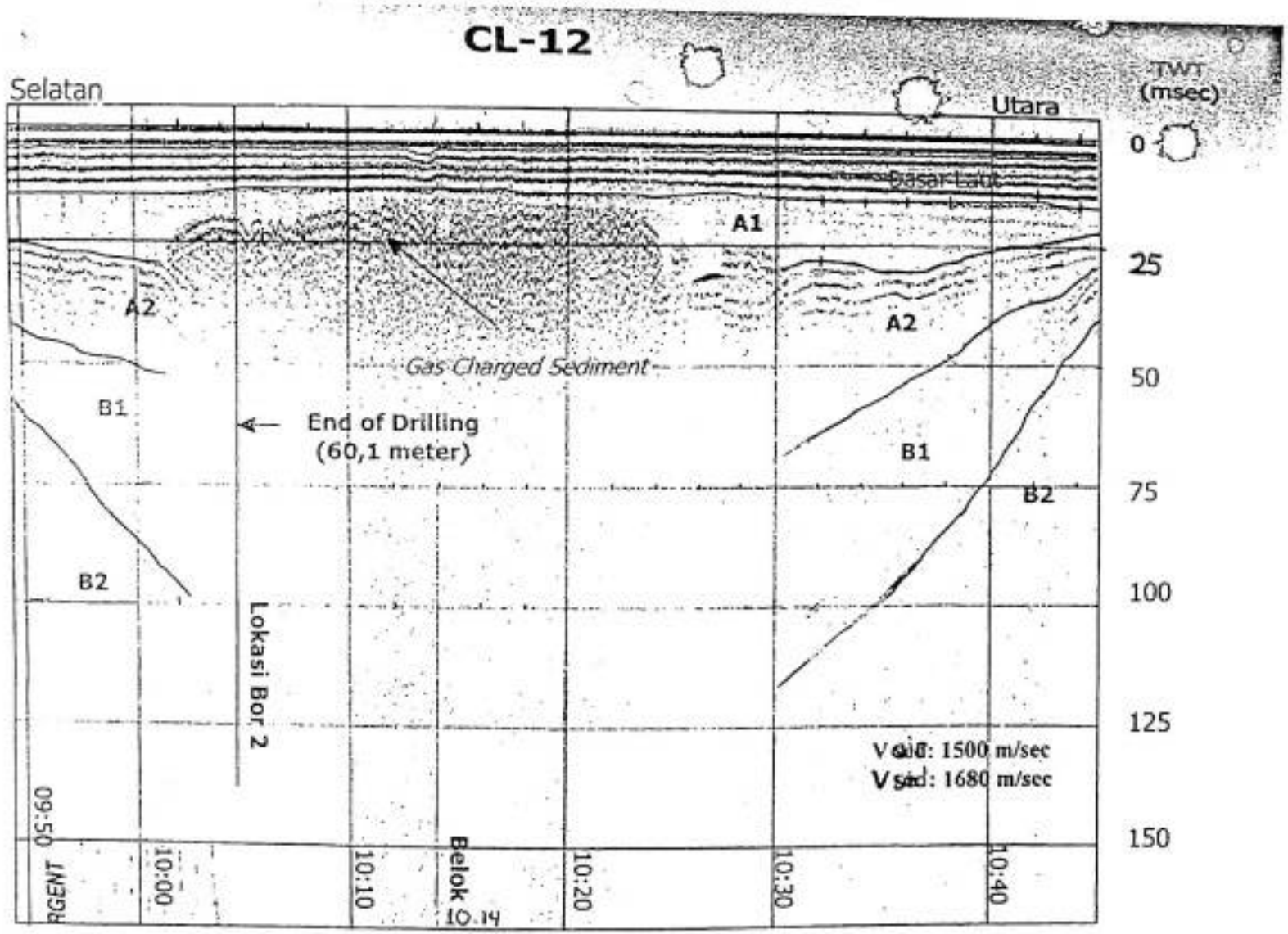




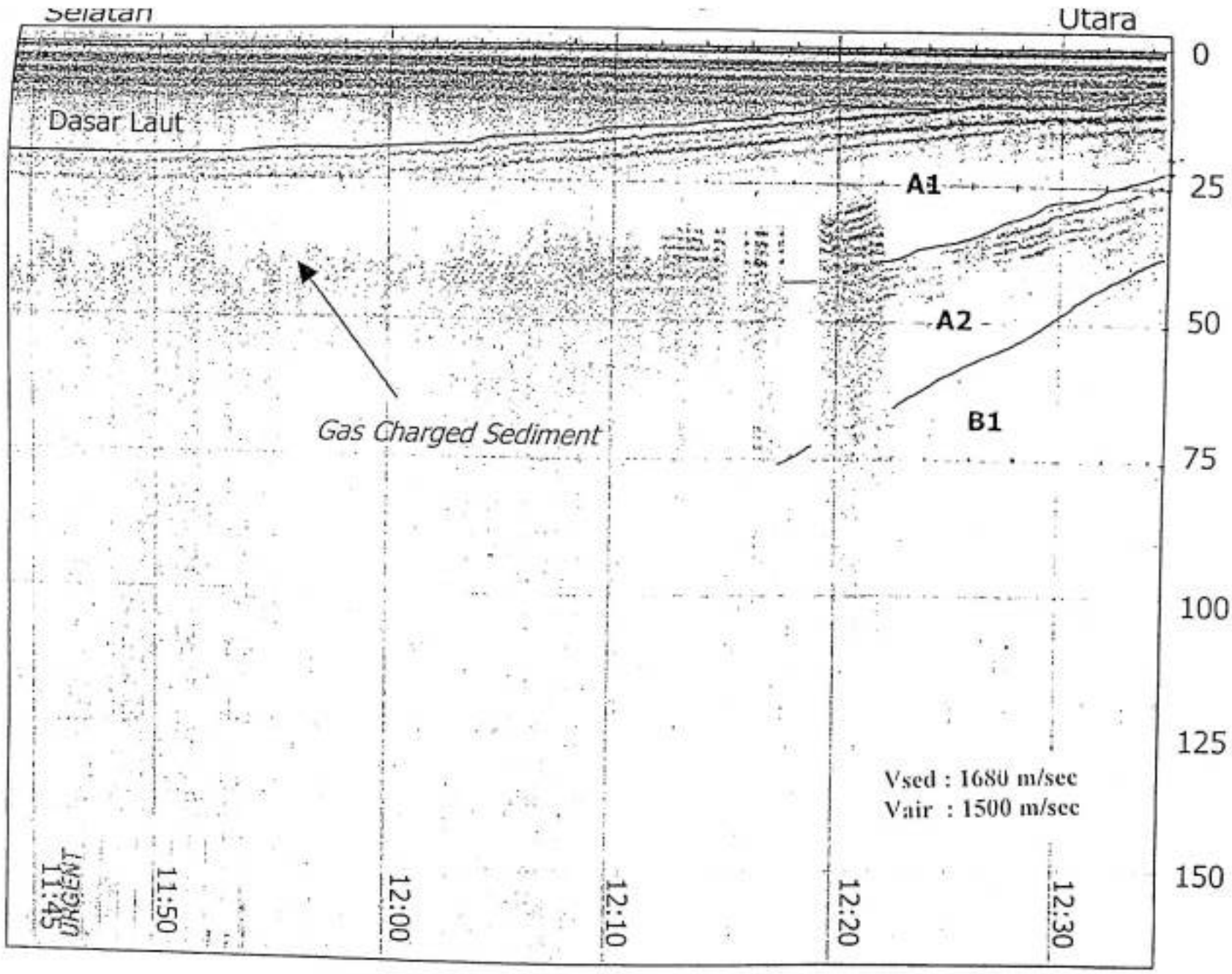
Lampiran 2. Peta Geologi Daerah Penyelidikan



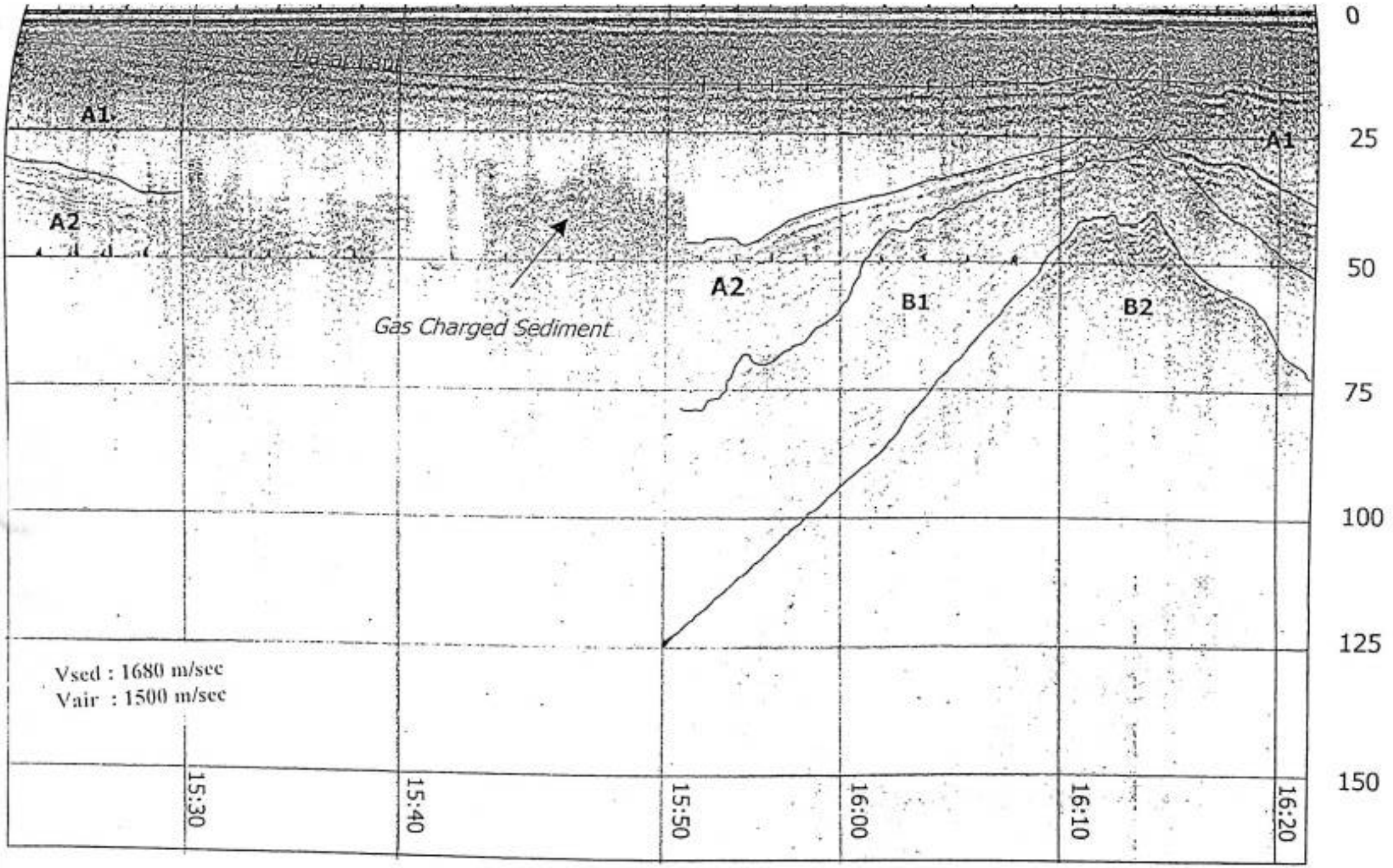
Lampiran 3. Peta Lintasan Survey Geofisika



Lampiran 5a. Interpretasi Rekaman Seismik pada Lintasan CL-12



Lampiran 5b. Interpretasi Rekaman Seismik pada Lintasan L-16



Lampiran 5e. Interpretasi Rekaman Seismik pada Lintasan L-18

Lampiran 6a. Tabel Data Hasil Perhitungan Kedalaman dan Ketebalan Lapisan pada Lintasan Cross (CL-12)

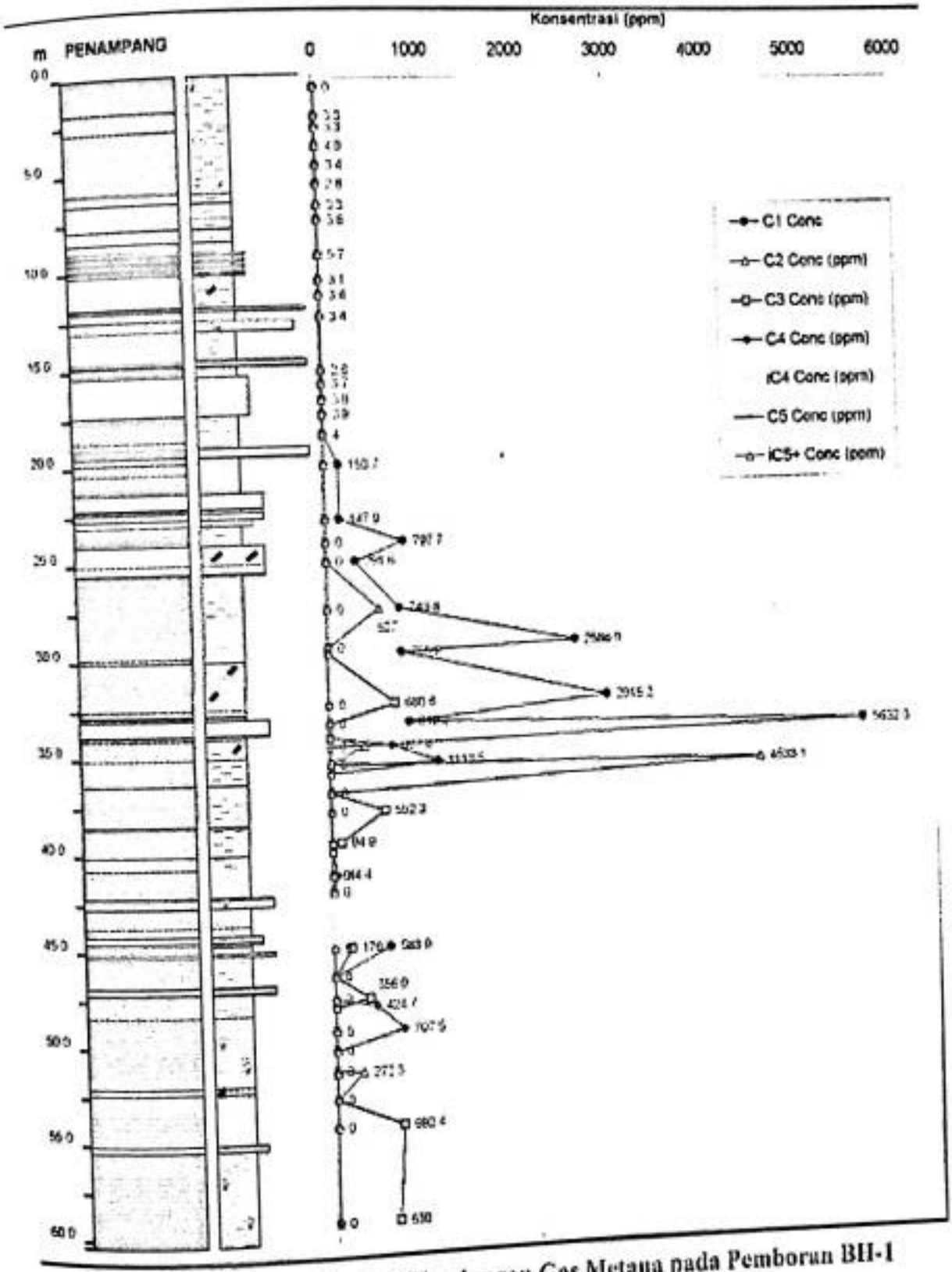
Lintasan	x (o)	y (o)	Tanggal	Waktu	v_1 ($^m/_s$)	v_2 ($^m/_s$)	t_1(s)	t_2 (s)	h_1 (m)	h_2 (m)
Cl 12	113,89415	-7.089124	07-07-03	09.50.00	1500	1680	0,0076	0,015	6	6
Cl 12	113,89428	-7.08515	07-07-03	10.00.00	1500	1680	0,0076	0,019	5.592	9
Cl 12	113,89483	-7.08230	07-07-03	10.02.00	1500	1680	0,0076	0,000	5.592	Gas
Cl 12	113,89590	-7.07962	07-07-03	10.04.00	1500	1680	0,0069	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,89756	-7.07724	07-07-03	10.06.00	1500	1680	0,0069	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,89813	-7.07441	07-07-03	10.08.00	1500	1680	0,0069	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,89863	-7.07158	07-07-03	10.10.00	1500	1680	0,0069	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,89968	-7.06890	07-07-03	10.12.00	1500	1680	0,0069	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,90121	-7.06644	07-07-03	10.14.00	1500	1680	0,0069	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,90248	-7.06688	07-07-03	10.16.00	1500	1680	0,0069	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,90282	-7.06974	07-07-03	10.18.00	1500	1680	0,0069	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,90285	-7.07264	07-07-03	10.20.00	1500	1680	0,0069	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,90282	-7.07409	07-07-03	10.22.00	1500	1680	0,0069	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,90278	-7.07554	07-07-03	10.24.00	1500	1680	0,0076	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,90287	-7.07845	07-07-03	10.26.00	1500	1680	0,0069	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,90295	-7.07993	07-07-03	10.28.00	1500	1680	0,0069	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,90288	-7.08286	07-07-03	10.30.00	1500	1680	0,0069	0,000	5.022	Gas
Cl 12	113,90295	-7.08579	07-07-03	10.32.00	1500	1680	0,0069	0,026	5.022	15
Cl 12	113,90305	-7.08875	07-07-03	10.34.00	1500	1680	0,0076	0,023	5.592	12
Cl 12	113,90300	-7.09165	07-07-03	10.36.00	1500	1680	0,0072	0,02	5.261	10
Cl 12	113,90303	-7.09461	07-07-03	10.38.00	1500	1680	0,0072	0,017	5.261	9
Cl 12	113,90295	-7.09759	07-07-03	10.40.00	1500	1680	0,0069	0,014	5.022	5
Cl 12	113,90282	-7.10057	07-07-03	10.42.00	1500	1680	0,0076	0,011	5.592	2
Cl 12	113,90275	-7.10356	07-07-03	10.44.00	1500	1680	0,0076	0,008	5.592	0

Lampiran 6a. Tabel Data Hasil Perhitungan Kedalaman Laut dan Ketebalan Lapisan Pertama pada Lintasan 16 (L-16)

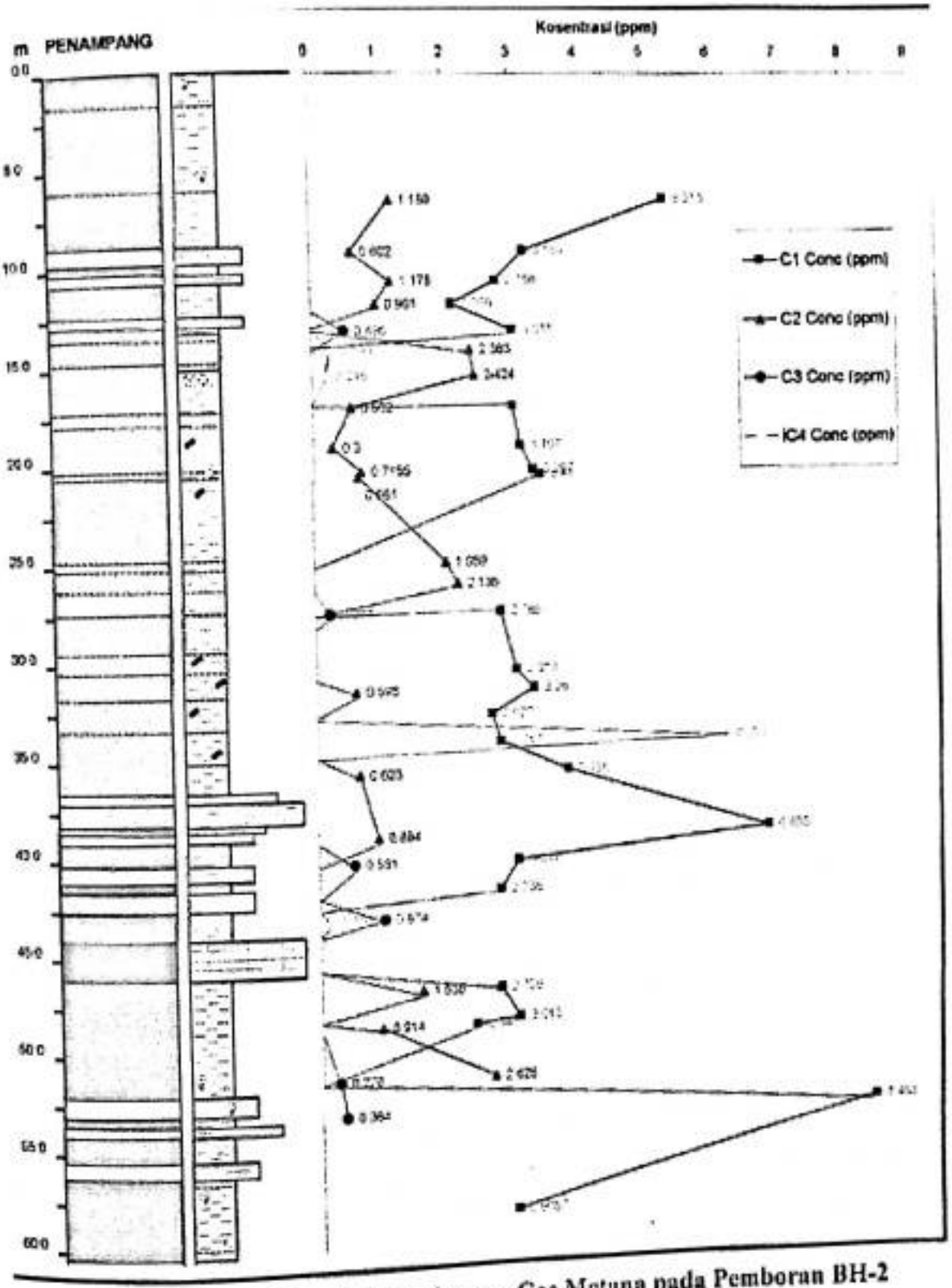
Lintasan	x	y	Tanggal	Waktu	v_1	v_2	t_1 (s)	t_2 (s)	h_1 (m)	h_2 (m)
Lintasan 16	113,68700	-7.20933	10-07-03	11.45.00	1500	1680	0,010	0,000	7.395	Gas
Lintasan 16	113,68700	-7.20196	10-07-03	11.50.00	1500	1680	0,010	0,000	7.395	Gas
Lintasan 16	113,68700	-7.19905	10-07-03	11.52.00	1500	1680	0,010	0,000	7.395	Gas
Lintasan 16	113,68700	-7.19612	10-07-03	11.54.00	1500	1680	0,010	0,000	7.395	Gas
Lintasan 16	113,68700	-7.19323	10-07-03	11.56.00	1500	1680	0,00972	0,000	7.182	Gas
Lintasan 16	113,68700	-7.19035	10-07-03	11.58.00	1500	1680	0,00972	0,000	7.182	Gas
Lintasan 16	113,68700	-7.18748	10-07-03	12.00.00	1500	1680	0,00972	0,000	7.182	Gas
Lintasan 16	113,68700	-7.18463	10-07-03	12.02.00	1500	1680	0,00937	0,000	6.915	Gas
Lintasan 16	113,68700	-7.18174	10-07-03	12.04.00	1500	1680	0,00923	0,000	6.809	Gas
Lintasan 16	113,68700	-7.17889	10-07-03	12.06.00	1500	1680	0,00857	0,000	6.304	Gas
Lintasan 16	113,68700	-7.17602	10-07-03	12.08.00	1500	1680	0,00857	0,000	6.304	Gas
Lintasan 16	113,68600	-7.17319	10-07-03	12.10.00	1500	1680	0,00767	0,000	5.615	Gas
Lintasan 16	113,68600	-7.17031	10-07-03	12.12.00	1500	1680	0,00740	0,000	5.407	Gas
Lintasan 16	113,68600	-7.16740	10-07-03	12.14.00	1500	1680	0,00740	0,000	5.407	Gas
Lintasan 16	113,68600	-7.16451	10-07-03	12.16.00	1500	1680	0,00703	0,000	5.122	Gas
Lintasan 16	113,68600	-716160	10-07-03	12.18.00	1500	1680	0,00625	0,0317	4.518	21.562
Lintasan 16	113,68600	-7.15869	10-07-03	12.20.00	1500	1680	0,00573	0,000	4.112	Gas
Lintasan 16	113,68600	-7.15576	10-07-03	12.22.00	1500	1680	0,00573	0,000	4.112	Gas
Lintasan 16	113,68600	-7.15285	10-07-03	12.24.00	1500	1680	0,00573	0,0256	4.112	16.868
Lintasan 16	113,68600	-714995	10-07-03	12.26.00	1500	1680	0,00573	0,0256	4.112	16.365
Lintasan 16	113,68600	-7.14703	10-07-03	12.28.00	1500	1680	0,00573	0,0221	4.112	13.926
Lintasan 16	113,68600	-7.14408	10-07-03	12.30.00	1500	1680	0,00573	0,0192	4.112	11.486
Lintasan 16	113,68600	-7.144115	10-07-03	12.32.00	1500	1680	0,00521	0,0169	3.702	10
Lintasan 16	113,68600	-7.13823	10-07-03	12.34.00	1500	1680	0,00486	0,0152	3.424	8.891

Lampiran 7. Tabel Data Hasil Perhitungan Kedalaman dan Ketebalan Pelapisan Pada Lintasan 18 (L-18)

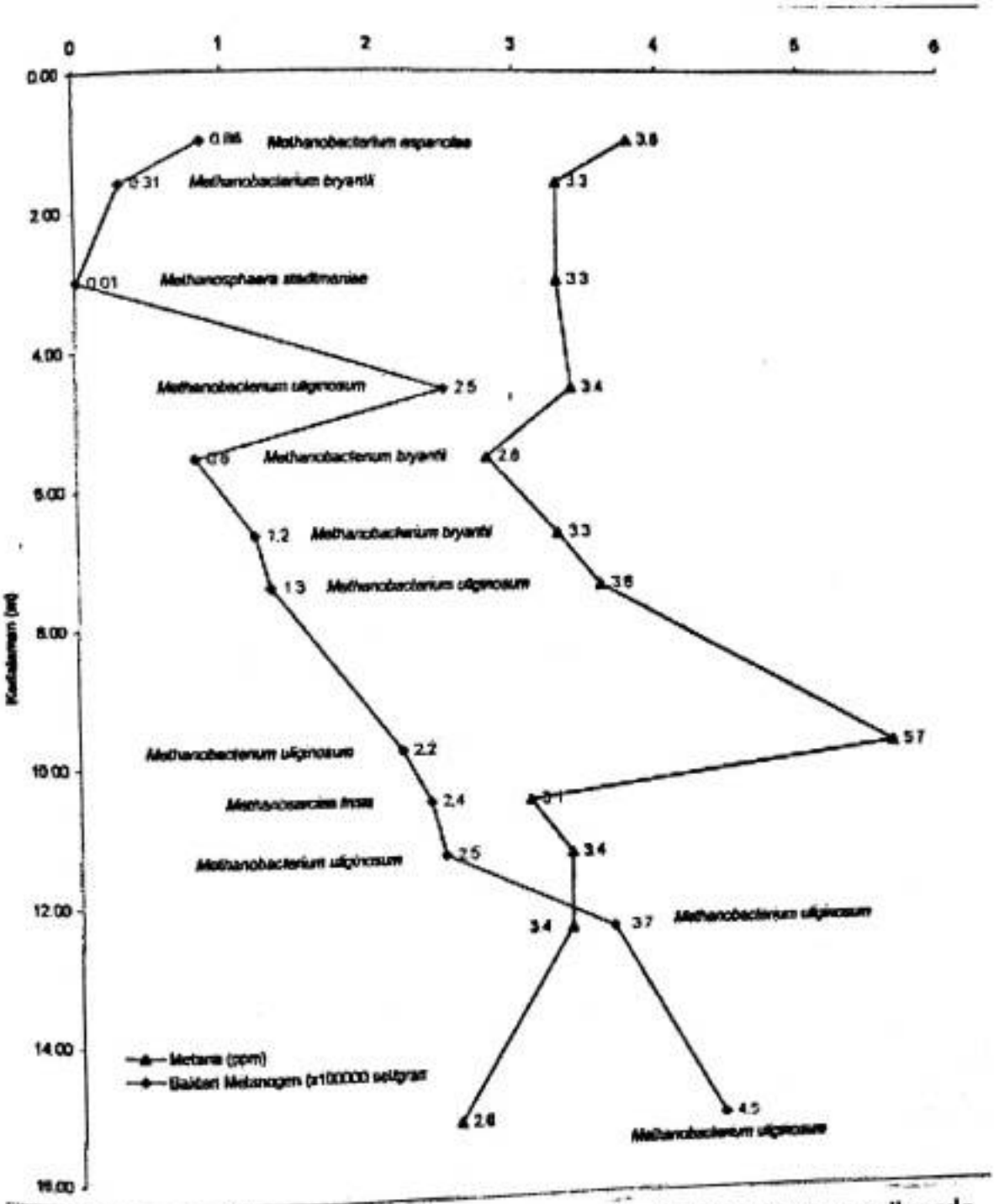
Lintasan	x	y	Tanggal	Waktu	v_1	v_2	t_1(s)	t_2 (s)	h_1 (m)	h_2 (m)
Lintasan 18	113,65000	-7.15635	11-07-03	15.20.00	1500	1680	0,0037	0,0119	2.477	7.160
Lintasan 18	113,65100	-7.15888	11-07-03	15.22.00	1500	1680	0,0037	0,0119	2.422	7.160
Lintasan 18	113,65100	-7.16129	11-07-03	15.24.00	1500	1680	0,0044	0,0123	3.034	6.881
Lintasan 18	113,65100	-7.16387	11-07-03	15.26.00	1500	1680	0,0044	0,0133	3.034	7.722
Lintasan 18	113,65200	-7.16640	11-07-03	15.28.00	1500	1680	0,0044	0,0144	0,034	8.649
Lintasan 18	113,65200	-7.16911	11-07-03	15.30.00	1500	1680	0,0045	0,0144	3.135	8.533
Lintasan 18	113,65300	-7.17178	11-07-03	15.32.00	1500	1680	0,0053	-	3.773	Gas
Lintasan 18	113,65300	-7.17462	11-07-03	15.34.00	1500	1680	0,0053		3.773	Gas
Lintasan 18	113,65300	-7.17735	11-07-03	15.36.00	1500	1680	0,0053	-	3.773	Gas
Lintasan 18	113,65300	-7.18009	11-07-03	15.38.00	1500	1680	0,0065	-	4.712	Gas
Lintasan 18	113,65300	-7.18282	11-07-03	15.40.00	1500	1680	0,0069	-	5.022	Gas
Lintasan 18	113,65200	-7.18556	11-07-03	15.42.00	1500	1680	0,0072	-	5.253	Gas
Lintasan 18	113,65100	-7.18847	11-07-03	15.44.00	1500	1680	0,0075	-	5.480	Gas
Lintasan 18	113,65000	-7.19138	11-07-03	15.46.00	1500	1680	0,0075	-	5.480	Gas
Lintasan 18	113,64900	-7.19425	11-07-03	15.48.00	1500	1680	0,0083	-	6,09	Gas
Lintasan 18	113,65000	-7.19672	11-07-03	15.50.00	1500	1680	0,0083	-	6,09	Gas
Lintasan 18	113,65000	-7.19959	11-07-03	15.52.00	1500	1680	0,0083	0,032	6,09	20
Lintasan 18	113,65100	-7.20234	11-07-03	15.54.00	1500	1680	0,0083	0,03	6,09	18
Lintasan 18	113,65100	-7.20510	11-07-03	15.56.00	1500	1680	0,0083	0,028	6,09	17
Lintasan 18	113,65000	-7.20797	11-07-03	15.58.00	1500	1680	0,0083	0,026	6,09	15
Lintasan 18	113,65000	-7.21080	11-07-03	16.00.00	1500	1680	0,0083	0,024	6,09	13
Lintasan 18	113,64900	-7.21352	11-07-03	16.02.00	1500	1680	0,0083	0,016	6,09	7
Lintasan 18	113,65000	-7.21616	11-07-03	16.04.00	1500	1680	0,0083	0,014	6,09	5
Lintasan 18	113,65000	-7.21866	11-07-03	16.06.00	1500	1680	0,0075	0,016	5,48	3
Lintasan 18	113,65100	-7.22128	11-07-03	16.08.00	1500	1680	0,0075	0,012	5,48	4
Lintasan 18	113,65100	-7.22385	11-07-03	16.10.00	1500	1680	0,0075	0,009,0,	5,48	2
Lintasan 18	113,65200	-7.22459	11-07-03	16.12.00	1500	1680	0,0072	0,008	5.253	2
Lintasan 18	113,65400	-7.22452	11-07-03	16.14.00	1500	1680	0,0072	0,007	5.523	1
Lintasan 18	113,65400	-7.22275	11-07-03	16.16.00	1500	1680	0,0075	0,013	5,48	5
Lintasan 18	113,65600	-7.22137	11-07-03	16.18.00	1500	1680	0,0075	0,016	5,48	7
Lintasan 18	113,65500	-7.21899	11-07-03	16.20.00	1500	1680	0,0075	0,02	5,48	11



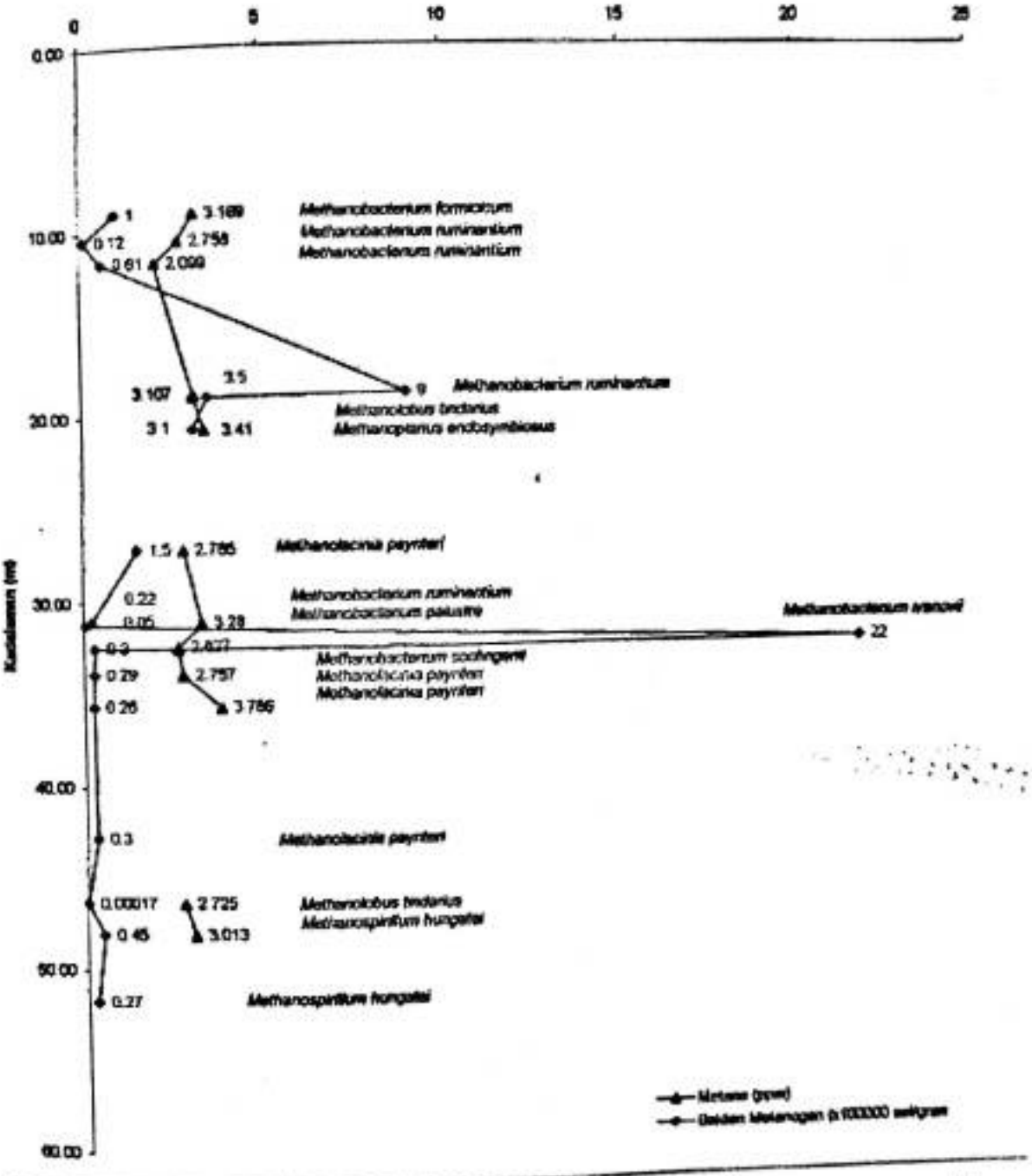
Lampiran 12a Korelasi Kandungan Gas Metana pada Pemboran BH-1



Lampiran 12b Korelasi Kandungan Gas Metana pada Pemboran BH-2



Lampiran 13a Korelasi Kandungan Gas Metana dan Bakteri Metanogenik pada BH-1



Lampiran 13b Korelasi Kandungan Gas Metana dan Bakteri Metanogenik BH-2